

## FUNÇÃO DE PRODUÇÃO DO GIRASSOL SUBMETIDO A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

LAUREANA APARECIDA COIMBRA PELEGRINI<sup>1</sup>; MÁRIO SÉRGIO PAIVA DE ARAÚJO<sup>2</sup>; CLAUDINEI MARTINS GUIMARÃES<sup>3</sup>; ELIAS FERNANDES DE SOUSA<sup>4</sup> E DANIEL FONSECA DE CARVALHO<sup>5</sup>.

<sup>1</sup> Laboratório de Engenharia Agrícola, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro-UENF, Av. Alberto Lamego, 2000 - Parque Califórnia, CEP: 28013-602, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil. E-mail: laureanapelegrini@yahoo.com.br.

<sup>2</sup> Laboratório de Engenharia Agrícola, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro-UENF, Av. Alberto Lamego, 2000 - Parque Califórnia, CEP: 28013-602, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil. E-mail: pmariosergio@yahoo.com.br.

<sup>3</sup> Laboratório de Engenharia Agrícola, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro-UENF, Av. Alberto Lamego, 2000 - Parque Califórnia, CEP: 28013-602, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil. E-mail: neiufv@hotmail.com.

<sup>4</sup> Laboratório de Engenharia Agrícola, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro-UENF, Av. Alberto Lamego, 2000 - Parque Califórnia, CEP: 28013-602, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil. E-mail: souasa.elias.fernandes@gmail.com.

<sup>5</sup> Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rodovia BR-465, km 7, CEP: 23897000, Seropédica, RJ, Brasil. E-mail: daniel.fonseca.carvalho@gmail.com.

### 1 RESUMO

Objetivou-se com esse estudo avaliar os efeitos de diferentes lâminas de irrigação no cultivo de duas variedades de girassol na região Norte Fluminense, RJ, possibilitando a estimativa do fator de resposta ao rendimento da cultura Ky. Irrigou-se com método de “Single Point”, com um aspersor do tipo canhão instalado no centro da área plantada, dividindo a área molhada em quatro quadrantes (blocos) e sete anéis (tratamentos) concêntricos ao aspersor, sendo um dos anéis (anel 3) utilizado como referência para o manejo das irrigações. Foram avaliadas produtividade, altura de planta, área foliar, matéria seca e queda dos rendimentos relativos. A análise estatística foi realizada por regressão linear e quadrática. Os híbridos Helio 358 e Helio 251 apresentaram uma relação positiva com a lâmina de irrigação, sendo recomendado o cultivo com as lâminas de 200 e 316 mm, respectivamente. A irrigação do girassol no período de outono-inverno da região Norte Fluminense, RJ, é fundamental para a obtenção de melhores produtividades, tendo em vista a sensibilidade ao déficit hídrico apresentada pela cultura ( $K_y = 1,2$ ) e pelo reduzido volume de chuvas normalmente esperado nessa época do ano.

**Palavras-chave:** *Helianthus annuus* L., “single point”, produtividade, coeficiente de resposta, déficit hídrico.

PELEGRINI, L. A. C., ARAÚJO, M. S. P. de, GUIMARÃES, C. M., SOUSA, E. F. de, CARVALHO, D. F. de  
FUNCTION OF SUNFLOWER PRODUCTION UNDER DIFFERENT IRRIGATION DEPTHS

## 2 ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effects of different irrigation depths on the cultivation of two varieties of sunflower in Rio de Janeiro state's North region, making it possible to estimate the crop yield response factor (Ky). "Single Point" irrigation method was used, with a cannon sprinkler installed in the center of the planted area, dividing the wet area into four quadrants (blocks) and seven rings (treatments) concentric to the sprinkler, with one of the rings (ring 3) used as a reference for irrigation management. Yield, plant height, leaf area, dry matter and drop in relative yields were evaluated. Statistical analysis was performed using linear and quadratic regression. The hybrids Helio 358 and Helio 251 showed a positive relationship with the irrigation depth, and the 200 and 316 mm depths are recommended for cultivation, respectively. Irrigation of sunflowers in the autumn-winter period of Rio de Janeiro state's North region, is essential for obtaining better yields, in view of the sensitivity to the water deficit presented by the crop ( $K_y = 1.2$ ) and the low volume of rainfall normally expected at this time of year.

**Keywords:** *Helianthus annuus* L., "single point", productivity, response coefficient, water deficit.

## 3 INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma das espécies vegetais oleaginosas de maior importância mundial. É originário das Américas e possui inúmeras aplicações no mundo contemporâneo (SILVA et al., 2011), destacando-se pelo potencial de produção de biocombustível (SAYDUT et al., 2016), óleo comestível e na alimentação animal (SOUZA et al., 2014).

O cultivo do girassol tem aumentado na maioria dos estados brasileiros e o rendimento produtivo da cultura depende da cultivar utilizada (ARAÚJO et al., 2012), assim como das condições de suprimento hídrico adotadas (KAUR; KUKAL; HIRA, 2013; LAURIANE et al., 2015) e da disponibilidade hídrica do solo em decorrência da irrigação (SILVA et al., 2011). A produtividade média do girassol no Brasil (em grãos) é de apenas 1.319,3 kg ha<sup>-1</sup>, considerada baixa em comparação a outros países (SOARES et al., 2019), e um dos fatores que contribuem para esse resultado é a deficiência de água no solo. Essa cultura necessita de grande quantidade de água e

nutrientes ao longo do ciclo (SANTOS et al., 2020), sendo que o déficit hídrico tem influência negativa no desenvolvimento da cultura, afetando sua altura (GHOLAMHOSEINI et al., 2013), área foliar (ALAHADADI; ORAKI; KHAJANI, 2014) e produção (GARCÍA-LÓPEZ et al., 2016).

A aplicação de lâminas de irrigação a uma cultura possibilita conhecer a sua resposta aos diferentes níveis de umidade no solo (SILVA et al., 2011; GUIMARÃES et al., 2019), sobretudo na condição de déficit hídrico, que pode ser aplicado durante todo o ciclo ou em um determinado estágio do crescimento da cultura (GARG; DADHICH, 2014). A queda relativa na produtividade de uma cultura em resposta à quantidade de água aplicada pode ser representada por uma equação linear, cujo coeficiente angular (inclinação) é conhecido como fator de resposta ao rendimento da cultura ( $K_y$ ) (DOORENBOS; KASSAN, 1979). O conhecimento do fator  $K_y$  auxilia no planejamento eficiente do uso da água de irrigação, pois a redução de produtividade resultante do déficit hídrico pode ser

economicamente inferior aos benefícios obtidos com a aplicação deficitária de água, sobretudo em regiões ou épocas do ano com baixa disponibilidade de água (GARG; DADHICH, 2014).

Diante disso, desenvolveu-se este trabalho com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes lâminas de irrigação no cultivo de duas variedades de girassol no Norte Fluminense-RJ, possibilitando a estimativa do fator  $K_y$  para as condições edafoclimáticas desta região.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida em campo aberto na Estação Evapotranspirométrica do Laboratório de Engenharia Agrícola da

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (21°45' S, 41° 18' O e 11 m de altitude), na área de convênio UENF/PESAGRO-RIO, no município de Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil. O clima da região é classificado como Aw, tropical quente e úmido, com período seco no inverno e chuvoso no verão, apresentando temperatura média de 24 °C, precipitação total média anual de 1020 mm (ALVARES et al., 2013).

O solo da área experimental apresenta relevo plano e foi classificado como Neossolo Flúvico Tb Distrófico (EMBRAPA, 2011), pouco profundo e com a drenagem moderada a imperfeita. As características químicas do solo utilizado são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características químicas do solo da área experimental na camada de 0,0 a 0,4 m de profundidade. UENF, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

Ph	P*	K*	Ca	Mg	Al	H+Al	Na	C	MO
	mg dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>			cmol dm <sup>-3</sup>			%	g dm <sup>-3</sup>
4,3	6,0	10,0	0,9	0,5	0,0	2,8	0,0	0,7	11,6

\*Extrator Carolina do Norte

Foram realizados experimentos no período de 16 de julho a 19 de outubro de 2007 (ciclo 1) e de 16 de junho a 13 de outubro de 2008 (ciclo 2). No primeiro ciclo, utilizou-se o girassol híbrido Helio 358 e no segundo ciclo, utilizou-se o híbrido Helio 251, com semeaduras realizadas em 16/07/2007 (ciclo 1) e 26/06/2008 (ciclo 2).

Foi adotado o espaçamento de 0,2 m entre plantas na linha e 1,0 m entre linhas, com densidade de plantio de 50.000 plantas ha<sup>-1</sup>. A adubação foi similar para os dois ciclos de cultivo, sendo adicionados 400 kg ha<sup>-1</sup> de NPK da formulação 04-14-08, na semeadura. Uma segunda adubação, com uso de 20 g m<sup>-1</sup> de uréia foi realizada aos 30 dias após semeadura (DAS), em cada ciclo, conforme recomendação de Portz et al. (2013).

Para o completo estabelecimento da cultura foram aplicadas lâminas de irrigação

uniformes na área experimental, a cada quatro dias, com uma intensidade de 4,75 mm h<sup>-1</sup>, visando favorecer a quebra da dormência das sementes. Assim, foram realizadas 10 irrigações para o ciclo 1 (de 0 a 31 DAS) e 06 irrigações para o ciclo 2 (de 0 a 20 DAS), distribuídas uniformemente no experimento. No período subsequente, iniciou-se a aplicação diferenciada das lâminas de irrigação, quando foram realizadas 20 irrigações para o ciclo 1 (de 37 a 90 DAS) e 23 irrigações para o ciclo 2 (de 23 a 78 DAS), passando pelo florescimento aos 56 e 57 DAS, respectivamente. A suspensão da irrigação ocorreu aos 90 DAS no ciclo 1 e 78 DAS no ciclo 2, em função do estágio de maturação fisiológica dos grãos, e a colheita foi realizada aos 95 DAS (19/10/07) e 108 DAS (13/10/2008), respectivamente.

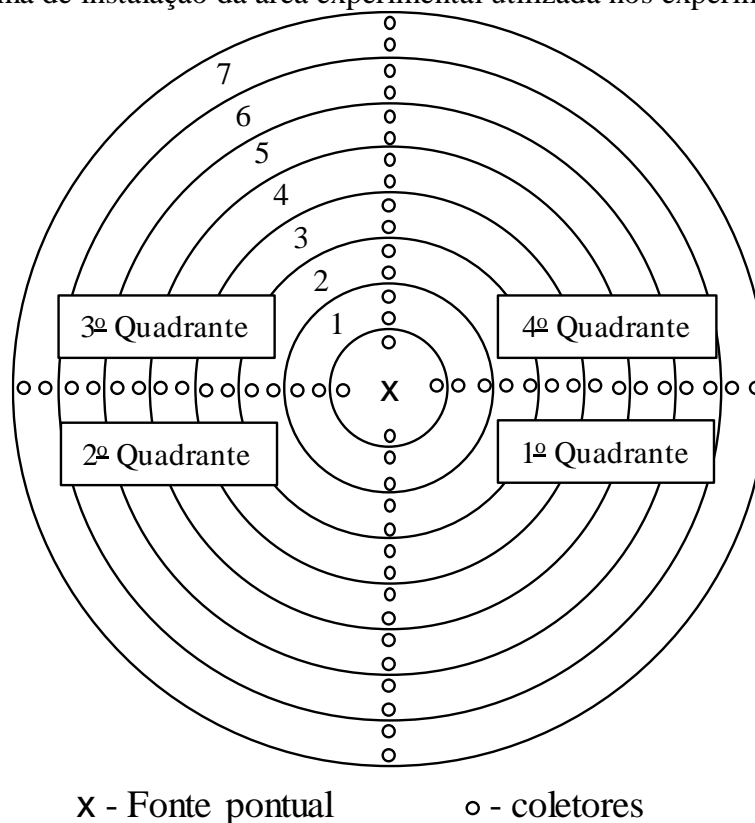
A lâmina diferenciada de água nos experimentos foi aplicada pelo método descrito por Or e Hanks (2001), denominado de “Single Point” ou Fonte Pontual. O método consiste na utilização de um único ponto de origem da irrigação por aspersão para a aplicação diferenciada de água. Foi utilizado um aspersor do tipo canhão (Stratus/Fabrimar), com bocais de 5 mm, que submetido à pressão de serviço de 22 kPa aplicava uma vazão de  $228 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ .

A área experimental apresentava dimensão de 32 m por 32 m ( $1.024 \text{ m}^2$ ), sendo instalado o aspersor tipo canhão no ponto central. Em cada aplicação de água, formou-se uma faixa molhada com lâminas diferenciadas ao longo das linhas de plantio. A partir do ponto de localização do aspersor, foram demarcados oito anéis, espaçados de

2 m entre si, com exceção do primeiro, com o raio de 2,5 m. Dessa forma, o raio do último anel era maior que o raio de alcance do aspersor que foi de 15 m.

O primeiro anel não foi utilizado para coleta de dados em função da proximidade com o aspersor, evitando, assim, possíveis vazamentos no início e no final de um evento de irrigação. O anel compreendido entre 2,5 m e 4,5 m de raio foi designado de Anel 1 (A1) e de maneira semelhante foram designados os demais anéis: Anel 2 (entre 4,5 - 6,5 m de raio), Anel 3 (entre 6,5 - 8,5 m de raio), Anel 4 (entre 8,5 - 10,5 m de raio), Anel 5 (entre 10,5 - 12,5 m de raio), Anel 6 (entre 12,5 - 14,5 m de raio) e Anel 7 (dos 14,5 m de raio em diante). A Figura 1 ilustra a disposição dos experimentos.

**Figura 1.** Esquema de instalação da área experimental utilizada nos experimentos.



Os dados meteorológicos temperatura (T), umidade relativa (UR) e precipitação (P) foram obtidos diariamente

por uma estação meteorológica automática (Mod. Thies Clima), instalada na área experimental. Os valores de radiação solar

(Rn) foram estimados segundo Zanetti et al. (2006). Os valores médios decendiais dessas variáveis são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Dados médios decendiais de temperatura média diária (T) em C°, umidade relativa do ar (UR) em %, saldo de radiação (Rn), MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> e precipitação (P) em mm. UENF, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

1° ciclo (2007)					2° Ciclo (2008)				
Período	T	UR	Rn	P	Período	T	UR	Rn	P
16/07 a 04/08	20,7	78,6	7,7	7,1	26/06 a 19/07	21,9	80,9	5,3	0,6
05/08 a 24/08	21,5	78,4	11,7	0,7	20/07 a 08/08	22,5	77,1	6,6	0,0
25/08 a 13/09	22,6	80,6	11,3	16,8	09/08 a 28/08	22,4	74,8	8,1	0,0
14/09 a 03/10	21,7	74,2	12,2	12,1	29/08 a 17/09	22,4	77,4	11,4	19,6
04/10 a 19/10	23,7	77,4	11,3	0,0	18/09 a 07/10	21,9	78,0	10,4	23,6
					08/10 a 13/10	21,1	84,6	9,9	35,6

A estimativa diária da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) foi realizada pelo modelo Penman-Monteith FAO 56 (ALLEN et al., 1998) e a evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) foi estimada pelo produto da ET<sub>o</sub> pelo coeficiente de cultura (K<sub>c</sub>), propostos por Doorenbos e Kassam (1994) (Tabela 3). Na

estimativa da ET<sub>c</sub>, pressupôs-se que na data da sementeira, o solo estava com umidade correspondente à capacidade de campo. Para isto, fez-se uma irrigação distribuída uniformemente na área suficiente para elevar a umidade do solo até a umidade correspondente à capacidade de campo ( $\theta_{cc}$ ) de 0,22 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>.

**Tabela 3.** Valores de kc da cultura do girassol, em função dos estádios de desenvolvimento.

Estádios vegetativos	Duração (dias após emergências)	Valores de Kc
Inicial	20 a 25	0,3 a 0,4
Vegetativo	35 a 40	0,7 a 0,8
Florescimento	40 a 50	1,0 a 1,2
Enchimento de grãos	25 a 30	0,7 a 0,8
Maturação fisiológica	-	0,4

Fonte: Doorenbos e Kassam (1994).

A evapotranspiração real da cultura (ET<sub>r</sub>) foi estimada pelo produto da ET<sub>c</sub> pelo fator de disponibilidade hídrica no solo (K<sub>s</sub>). Com redução do volume de água no solo, o valor de K<sub>s</sub> diminui. Essa relação pode ser percebida na Equação 1.

$$K_s = \frac{\ln(LAA+1)}{\ln(CTA+1)} \quad (01)$$

Em que: LAA é a lâmina atual de água no solo, em mm; e CTA é a capacidade total de água no solo, em mm de água

(diferença entre  $\theta_{cc}$  e  $\theta_{pm}$  - ponto de murcha).

Com base em testes de distribuição de água pelo aspersor, realizados antes da implantação dos experimentos, o terceiro anel foi adotado como referência para o manejo das irrigações. Assim, foi avaliada a resposta da cultura sob aplicação em excesso de água no primeiro e segundo anéis, e com déficit hídrico, a partir do terceiro. Para o manejo da irrigação foi utilizado o balanço hídrico semanal do solo, sendo a lâmina estimada pela Equação 2, e

programada para ser aplicada sempre à 0:00 h, a fim de minimizar o efeito do vento.

$$Li_i = \sum_{j=1}^n ETo_i \times Kc_i - \sum_{j=1}^n P_j \quad (02)$$

Em que:  $Li_i$  é a lâmina de irrigação, mm;  $P$  é a precipitação efetiva, mm;  $n$  é o número de dias entre as leituras;  $i$  é o período de irrigação; e  $j$  é o número do dia considerado.

As lâminas aplicadas pelo aspersor foram quantificadas por meio de coletores, espaçados a 1,0 m entre si (Figura 1), tendo como ponto de referência o aspersor central. Os coletores ficaram dispostos em duas linhas perpendiculares entre si, que dividiram a área em quatro quadrantes. Para o cálculo da lâmina média de água em cada quadrante e anel, utilizou-se a média dos quatro coletores laterais de cada faixa irrigada no quadrante. As leituras dos volumes de água nos coletores eram realizadas de 6:00 às 7:00 h da manhã, evitando assim perdas por evaporação.

As avaliações dos ciclos 1 e 2 foram iniciadas, respectivamente, aos 32 DAS (17/08/2007) e 22 DAS (18/07/2008), quando as plantas apresentavam uma altura de 30 cm, com avaliações quinzenais subsequentes. Ao final dos experimentos, foram coletadas 28 plantas em campo, sendo uma planta em cada anel de cada quadrante e conduzidas ao laboratório onde se realizou análise de: a) produtividade, em  $kg\ ha^{-1}$ ; b) altura das plantas, cm; c) área foliar, em  $cm^2$ , utilizando o medidor Licor 3100 (Licor Inc., Lincon, Nebraska, EUA); e d) peso da matéria seca (caule, pecíolo e folhas), em g (as plantas foram secas em estufa a uma temperatura de 70 °C por 72 h). Em ambos ciclos, a produtividade da cultura foi obtida após as respectivas colheitas.

O coeficiente de resposta ao déficit hídrico ( $Ky$ ) foi calculado com base na equação de Stewart (Equação 3).

$$\left(1 - \frac{Yr}{Ym}\right) = Ky \left(1 - \frac{ETr}{ETc}\right) \quad (03)$$

Em que:  $Yr$  é a produção real da cultura,  $kg\ ha^{-1}$ ;  $Ym$  é a produção máxima potencial da cultura,  $kg\ ha^{-1}$ ;  $ETr$  é a evapotranspiração real da cultura, mm; e  $ETc$  é a evapotranspiração máxima da cultura, mm.

Para estimar o fator de resposta da produtividade da cultura ao déficit hídrico ( $Ky$ ) realizou-se o ajuste do modelo de regressão linear em função da queda relativa de produtividade correspondente e à redução na quantidade de água aplicada. Quanto mais próximo de zero for o  $Ky$ , mais baixa será a variação da produtividade relativa mesmo em condições de alto déficit de evapotranspiração, tornando a cultura tolerante ao estresse hídrico. Quando  $Ky$  é maior que 1, o decréscimo relativo na produtividade para um dado déficit na irrigação é proporcionalmente maior que o decréscimo relativo na lâmina de irrigação ou evapotranspiração (KIRDA et al., 1999).

A eficiência do uso da água (EUA), em kg de matéria seca produzida por  $m^3$  de água aplicada, foi calculada levando em consideração somente à lâmina aplicada pela irrigação (LOVELLI et al., 2007; SOUZA et al. 2011).

Os experimentos foram analisados com base no delineamento de blocos ao acaso com 4 repetições, sendo considerados os quadrantes como blocos e as diferentes lâminas aplicadas em cada anel como os tratamentos. Os dados obtidos foram analisados estatisticamente por intermédio de análise de variância (ANOVA) e análise de regressão.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos períodos experimentais de 2007 (ciclo 1) e 2008 (ciclo 2), a evapotranspiração de referência ( $ETo$ ) acumulada em cada ciclo do girassol foi de 370 e 398 mm, respectivamente. Utilizando

os valores de Kc proposto por Doorenbos e Kassam (1994) para o girassol, a ETc acumulada foi de 304 mm para o ciclo 1 e 328 mm para o ciclo 2.

A Tabela 4 apresenta valores médios das variáveis analisadas para o cultivo do girassol híbridos H 358 no ciclo 1 e híbrido H 251 no ciclo 2. Com base na ANOVA, o efeito de bloco não foi estatisticamente significativo a 5% de probabilidade pelo

teste F, indicando que o aspersor estava em posição vertical adequada, matendo a uniformidade de cada lâmina de irrigação (anéis) nos diferentes quadrantes (Figura 1). O efeito de tratamentos foi significativo a 5% de probabilidade pelo teste F para todas as características estudadas, comprovando que a variação apresentada pelas regressões a seguir é efeito dos tratamentos aplicados ao girassol.

**Tabela 4.** Lâmina total aplicada (LT), área foliar (AF), altura de planta (AP), matéria seca (MS), produtividade (PD) e eficiência do uso da água (EUA) nos diferentes anéis (A) para o cultivo do girassol nos ciclos 1 (Helio 358) e 2 (Helio 251). UENF, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

Ciclo	Tratamento* (Anel)	LT*	AF*	AP*	MS*	PD*	EUA*
		(mm)	(cm <sup>2</sup> )	(cm)	(g)	(kg ha <sup>-1</sup> )	(kg m <sup>-3</sup> )
1	1	240	4161	118	62	2276	5,84
	2	247	4159	123	57	2249	2,58
	3	239	4300	128	60	2334	1,80
	4	199	4091	119	62	2001	1,50
	5	152	3010	103	41	1672	0,95
	6	116	2058	88	37	1342	0,85
	7	103	1957	84	29	1124	0,59
	Média geral	185	3391	108	50	1857	2,00
CV (%)	5,5	19,2	6,2	15,0	12,8	11,1	
2	1	316	3784	104	90	3204	6,46
	2	304	3189	103	75	2418	2,76
	3	261	2397	95	52	2447	1,43
	4	206	1661	79	30	1711	0,70
	5	149	1306	69	19	2042	0,46
	6	121	676	58	20	622	0,45
	7	88	353	44	10	397	0,22
	Média geral	206	1909	79	42	1834	1,78
CV (%)	5,8	17,9	7,2	14,2	22,9	10,1	

\*: significância a 5% de probabilidade pelo teste F (ANOVA); CV: coeficiente de variação.

A maior produtividade média foi obtida para o híbrido H 251 (ciclo 2) no Anel 1 (3.204 kg ha<sup>-1</sup>), para uma ETr de 289 mm e uma LT média de 316 mm. Para o híbrido H 358 (ciclo 1), a maior produtividade média também foi obtida no Anel 1 (2.276 kg ha<sup>-1</sup>), para uma ETr de 254 mm e LT média de 240 mm. A maior produtividade do Anel 1 é explicada pela maior lâmina de irrigação de 316 mm (Tabela 4) causada pela proximidade desse

anel ao aspersor (Figura 1). A maior lâmina de irrigação no Anel 1 proporcionou maior aporte de água para o adequado desenvolvimento das plantas de girassol.

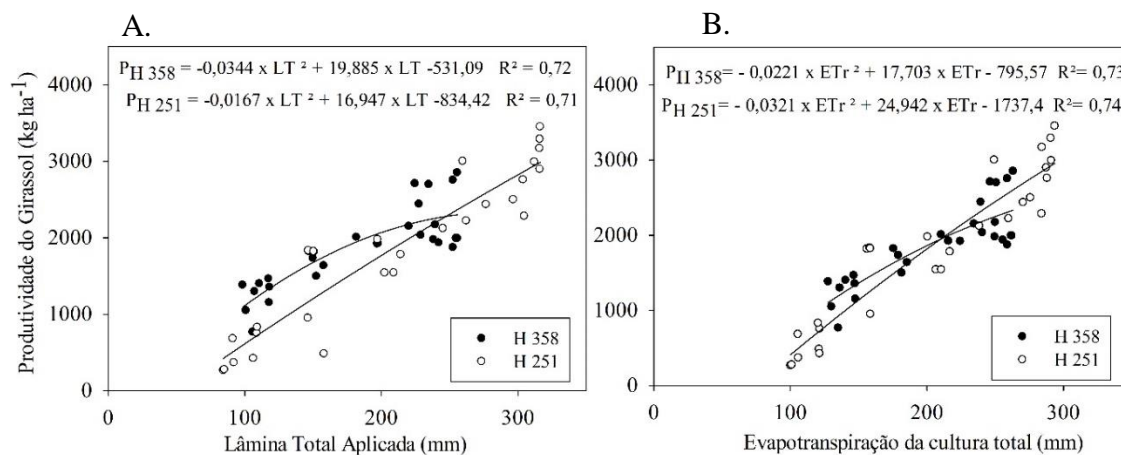
As produtividades médias (Tabela 4) obtidas para os ciclos 1 (1857 kg ha<sup>-1</sup>) e 2 (1834 kg ha<sup>-1</sup>) foram satisfatórias, estando aproximadamente 14 % acima da média nacional (1.599 kg ha<sup>-1</sup>), segundo Dalchiavon, Malacarne e Carvalho (2016). Foram constatados déficits hídricos em

ambos os ciclos, uma vez que os valores totais de ETr foram sempre inferiores à ETc. Mesmo nestas condições, o girassol apresentou altas produtividades nos Anéis 1, 2 e 3, em todos os quadrantes (Tabela 4). Wan et al. (2013) também encontraram uma relação direta entre a lâmina aplicada e a produção do girassol.

A produtividade do girassol foi influenciada significativamente pelas lâminas de água aplicada (Figura 2). Embora, a maior produtividade encontrada para H358 seja obtida com lâmina de

irrigação de aproximadamente 250 mm, uma lâmina de 200 mm pode ser suficiente para o cultivo desse híbrido. A partir desse ponto (200 mm), o ganho de produtividade por lâmina aplicada é baixo e possivelmente não compense, economicamente, o maior gasto com o processo de irrigação (GUIMARÃES et al., 2019). Para a variedade Hélio 251, a lâmina máxima utilizada nesse estudo (316 mm) é recomendada, uma vez que não foi possível atingir a produção máxima com as lâminas empregadas.

**Figura 2.** Produtividade do girassol relacionado com a lâmina total aplicada (A) e com a evapotranspiração real da cultura (B), em cultivo nos anos de 2007 (híbrido H 358) e de 2008 (híbrido H 251). UENF, Campos de Goytacazes, RJ, Brasil.

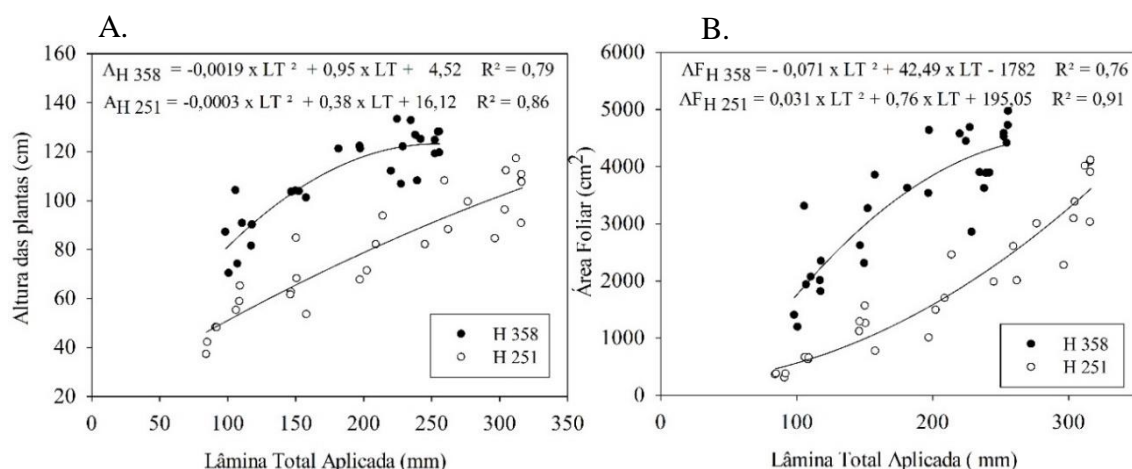


A Figura 3 apresenta a variação da altura de plantas (A) e área foliar (AF) em função da lâmina de irrigação. O híbrido H 358 apresentou o maior valor médio de altura de plantas (128 cm) sob a lâmina total aplicada de 250 mm (Figura 3A), nas

plantas situadas no Anel 3 (Tabela 4), com relação quadrática entre altura de planta e lâmina total aplicada. O H 251 apresentou a maior média de altura de plantas (104 cm) nas plantas do Anel 1.



**Figura 3.** Relação da lâmina de irrigação total aplicada com altura das plantas (A) e área foliar (B) do girassol cultivado nos anos de 2007 (híbrido H 358) e de 2008 (híbrido H 251). UENF, Campos de Goytacazes, RJ, Brasil.



Observou-se relação direta da altura do girassol em função da lâmina de água aplicada no ciclo (Figura 3). Kaur, Kukul e Hira (2013) trabalhando com girassol (cv. *Jawalamukhi*), também observaram que a altura das plantas aumentou com o incremento da lâmina da irrigação. O mesmo foi observado por Araújo et al. (2012), onde em estudo com a variedade Catissol 01, encontraram altura máxima de 107 cm para uma lâmina total de 807 mm. O Helio 251 teve o maior valor médio de AF de 3.784 cm<sup>2</sup> encontrado no Anel 1, devido a maior proximidade do Anel 1 ao aspersor, o que conferiu maior lâmina de água aplicada e, conseqüentemente, melhores condições hídricas para o desenvolvimento foliar das plantas da referida variedade de girassol. A ampliação da área foliar aumenta a quantidade de estômatos e a área evaporativa da folha, com incremento direto na taxa evaporativa. Para o híbrido H 358 (ciclo 1), o maior valor médio de área foliar foi obtido no Anel 3 (4.300 cm<sup>2</sup>), evidenciando que lâminas maiores aplicadas nos Anéis 1 e 2 não provocaram aumento de área foliar.

Fagundes et al. (2007) avaliaram a cultivar “Double Sungold” em condições irrigadas e obtiveram área foliar de 3500 cm<sup>2</sup>, valor inferior ao encontrado no

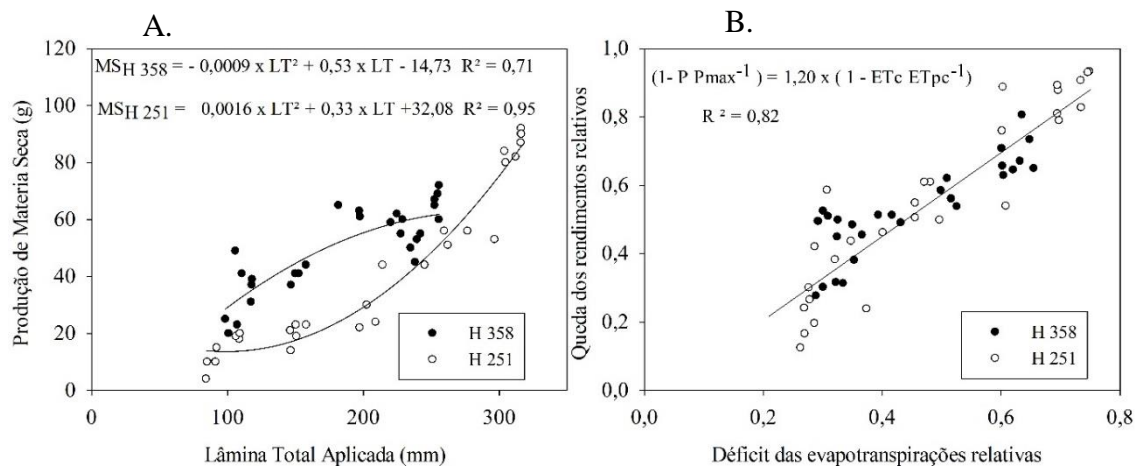
presente estudo. Gholamhoseini et al. (2013) avaliando os efeitos do deficit hídrico no girassol, perceberam relação inversa entre déficit hídrico e área foliar.

A produção de matéria seca (caule, haste e folhas) (MS) na cultura do girassol também apresentou um incremento em função da lâmina de água aplicada (Figura 4A), sendo que os maiores valores de MS foram encontrados na área correspondente ao Anéis 1, 3 e 4 no ciclo 1 e anel 1 no ciclo 2. A maior área foliar das plantas do Anel 1 proporcionou maior taxa fotossintética, aumentando a produção de matéria seca das referidas plantas. O híbrido H 251 apresentou maior valor médio de MS (90 g) em relação ao H358 (62 g). No estudo realizado por Silva et al. (2012), com a cultivar Multissol, foi encontrada máxima MS de 151 g aos 68 DAS em condições irrigadas.

A eficiência do uso da água (EUA) apresentou variação semelhante às das outras características estudadas com relação direta com a lâmina de irrigação (Tabela 4). Embora, houvesse a diminuição da lâmina aplicada com o aumento do raio médio do anel, o que aumentaria a EUA, a intensa queda da produção de matéria seca e produtividade com o distanciamento do aspersor causou redução da EUA,

mantendo um padrão semelhante ao das outras variáveis.

**Figura 4.** Relação entre lâmina total aplicada e produção de matéria seca (A) e relação entre déficit das evaporações relativas e a queda dos rendimentos para a cultura (B) do girassol cultivado nos anos de 2007 (híbrido H 358) e de 2008 (híbrido H 251).



A produtividade máxima estimada nos experimentos ( $P_{\text{máx}}$ ) foi de 3.944,81 kg ha<sup>-1</sup> e, a partir deste valor, obteve-se o valor do coeficiente de inclinação da regressão linear ( $K_y$ ) igual 1,2 e do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) igual a 0,82 (Figura 4B). De acordo com Doorenbos e Kassam, (1994), o valor de  $K_y$  maior que 1 demonstra que a planta é sensível ao déficit hídrico. Com esse valor de  $K_y$  igual a 1,2 (ângulo de inclinação da reta), nota-se na Figura 4B que uma pequena variação do déficit das evapotranspirações relativas gera uma alta queda dos rendimentos relativos, tornando a cultura do girassol altamente sensível ao déficit hídrico (FAO, 2012). Esse resultado foi diferente do encontrado por Azevedo et al. (2016), que encontraram valores de 0,56 e 0,64 para lâminas com déficit de 50 e 75% ETc, respectivamente.

## 6 CONCLUSÃO

As cultivares de girassol avaliadas apresentaram respostas distintas à aplicação de diferentes lâminas de irrigação, sendo a

lâmina de 200 mm indicada para o cultivo da variedade Hélio 358 e a lâmina máxima utilizada nesse estudo (316 mm) recomendada para a variedade Hélio 251.

A utilização de irrigação no cultivo do girassol para período outono-inverno em Campos dos Goytacazes, RJ torna-se fundamental, tendo em vista a sensibilidade ao déficit hídrico apresentada pela cultura ( $K_y = 1,2$ ) e pelo reduzido volume de chuvas normalmente esperado nessa época do ano.

## 7 AGRADECIMENTOS

À empresa Hellianthus do Brasil, pelo apoio e fornecimento das sementes de girassol utilizadas neste trabalho. A CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa de estudo. A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro – FAPERJ, pelo auxílio com equipamentos e instalações. À UENF - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), pelo apoio técnico e científico.

## 8 REFERÊNCIAS

ALAHADADI, I.; ORAKI, H.; KHAJANI, F. P. Changes in morphological and physiological characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids in relation to the water deficit stress. **African Journal of Agricultural Research**, Lagos, v. 9, n. 30, p. 2324-2331, 2014.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO. 1998. (Irrigation and Drainage, 56).

PORTZ, A.; RESENDE, A. S. de; TEIXEIRA, A. J.; ABBOUD, A. C. de S.; MARTINS, C. A. da C.; CARVALHO, C. A. B. de; LIMA, E.; ZONTA, E.; PEREIRA, J. B. A.; BALIEIRO, F. de C.; ALMEIDA, J. C. de C.; SOUZA, J. F. de; GUERRA, J. G. M.; MACEDO, J. R. de; SOUZA, J. N. de; FREIRE, L. R.; VASCONCELOS, M. A. da S.; LEAL, M. A. de A.; FERREIRA, M. B. C.; MANHÃES, M.; GOUVEA, R. F. de; BUSQUET, R. N. B.; BHERING, S. B. Recomendações de adubos, corretivos e de manejo da matéria orgânica para as principais culturas do Estado do Rio de Janeiro. *In*: FREIRE, L. R.; BALIEIRO, F. de C.; ZONTA, E.; ANJOS, L. H. C. dos; PEREIRA, M. G.; LIMA, E.; GUERRA, J. G. M.; FERREIRA, M. B. C.; LEAL, M. A. de A.; CAMPOS, D. V. B. de; POLIDORO, J. C. **Manual de calagem e adubação do estado do rio de janeiro**. Seropédica: Editora Universidade Rural, 2013. 430p.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONCALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ARAÚJO, T. V. O.; 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**, Botucatu, v. 17, n. 2, p. 126-136, 2012.

AZEVEDO, B. M. D.; VASCONCELOS, D. V.; BOMFIM, G. V. D.; VIANA, T. V. D. A.; NASCIMENTO NETO, J. R. D.; OLIVEIRA, K. M. Production and yield response factor of sunflower under different irrigation depths. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 5, p. 427-433, 2016.

DALCHIAVON, F. C.; MALACARNE, B. J.; CARVALHO, C. G. Características agronômicas de genótipos de girassol (*Helianthus annuus* L.) em segunda safra no Chapadão do Parecis: MT. **Revista de Ciências Agrárias**, Cuiabá, v. 39, n 11, p. 178-186, 2016.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994. (Estudo FAO Irrigação e Drenagem, 33).

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.

FAGUNDES, J. D.; SANTIAGO, G.; MELLO, A. M.; BELLÉ, R. A.; STRECK, N. A. Crescimento, desenvolvimento e retardamento da senescência foliar em girassol de vaso

(*Helianthus annuus* L.): fontes e doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 987-993, 2007.

FAO. **Deficit Irrigation Practices**. Rome: FAO, 2002. (Water Reports, 22).

GARCÍA-LÓPEZ, J.; LORITE, I. J.; GARCÍA-RUIZ, R.; ORDOÑEZ, R.; DOMINGUEZ, J. Yield response of sunflower to irrigation and fertilization under semi-arid conditions. **Agricultural Water Management**, Amsterdã, v. 176, n. 15, p. 151-162, 2016.

GARG, N. K.; DADHICH, S. M. A proposed method to determine yield Response factors of different crops under deficit irrigation using inverse formulation approach. **Agricultural Water Management**, Amsterdã, v. 137, n. 7, p. 68-74. 2014

GHOLAMHOSEINI, M.; GHALAVAND, A.; DOLATABADIAN, A.; JAMSHIDI, E.; KHODAEI-JOGHAN, A. Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation on growth, yield, nutrient uptake and irrigation water productivity of sunflowers grown under drought stress. **Agricultural Water Management**, Amsterdã, v. 117, n. 2, p. 106-114, 2013.

GUIMARÃES, C. M.; CUNHA, F. F.; SILVA, F. C. S.; ARAUJO, E. D.; GUIMARAES, A. B. F.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. J. H. Agronomic performance of lettuce cultivars submitted to different irrigation depths. **PloS One**, San Francisco, v. 14, n. 12, p. 1-19, 2019.

KAUR, S.; KUKAL, S. S.; HIRA, G. S. Effect of irrigation and nitrogen management on performance of winter sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Indian Ecological Society**, Ludhiana, v. 40, n.1, p. 61-66, 2013.

KIRDA, C.; MOUTONNET, P.; HERA, C.; NIELSEN, D. R. (ed.). **Crop Yield Response to Deficit Irrigation**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1999.

LAURIANE, A. D. A.; LIMA, G. S.; CHAVES, L. H.; XAVIER, D. A.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R. Fitomassa e produção do girassol cultivado sob diferentes níveis de reposição hídrica e adubação potássica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 4, p. 336-342, 2015.

LOVELLI, S.; PERNIOLA, M.; FERRARA, A.; TOMMASO, T. D. Yield response factor to water (ky) and water use efficiency of *Carthamus tinctorius* L. and *Solanum melongena* L. **Agricultural Water Management**, Amsterdã, v. 92, issue 1-2, p. 73-80, 2007.

OR, D.; HANKS, R. J. A. **Single point source for the measurement of irrigation production functions**. Logan: Utah State University, 2001.

SANTOS, A. P.; TARTAGLIA, F. L.; SOUZA, A. R. E.; SANTOS, M. G.; SILVEIRA, L. M.; BARROS JÚNIOR, A. P. Sunflower fertigated with potassium fertilization in two agricultural seasons in the Brazilian semiarid region. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 51, n. 2, p. 1-9, 2020.

SAYDUT, A.; ERDOGAN, S.; KAFADAR, A. B.; KAYA, C.; AYDIN, F.; HAMAMCI, C. Process optimization for production of biodiesel from hazelnut oil, sunflower oil and their hybrid feedstock. **Fuel**, v. 183, n. 21, p. 512-517, 2016.

SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; 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**, Campina Grande, 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 Agrônômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 57-64, 2011.

SOARES, M. M.; FREITAS, C. D. M.; OLIVEIRA, F. S.; MESQUITA, H. C.; SILVA, T. S.; SILVA, D. V. Effects of competition and water deficiency on sunflower and weed growth. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 32, n. 2, p. 318-328, 2019.

SOUZA, A. P.; PEREIRA, J. B. A.; SILVA, L. D. B.; GUERRA, J. G. M.; CARVALHO, D. F. Evapotranspiração, coeficientes de cultivo e eficiência do uso da água da cultura do pimentão em diferentes sistemas de cultivo. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 15-22, 2011.

SOUZA, L. H. B.; PEIXOTO, C. P.; SILVEIRA, P. S.; LEDO, C. A. S.; LIMA, V. P.; SANTOS, A. P. S. Agronomic characteristics and yield of sunflower at different times of sowing and plant populations in the hollow. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 2, p. 90-100, 2014.

WAN, S.; JIAO, Y.; KANG, Y.; JIANG, S.; TAN, J.; LIU, W.; MENG, J. Growth and yield of oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.) under drip irrigation in very strongly saline soils. **Irrigation Science**, New York, v. 31, n. 5, p. 943-957, 2013.

ZANETTI, S. S.; SOUSA, F. E.; BERNADO, S.; POSSE, P. R.; MELO JUNIOR, M. F. C. J. Estimação do saldo de radiação e da evapotranspiração de referência, em função das temperaturas máximas e mínimas do ar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Serra Talhada, v. 14, n. 1, p. 134-139. 2006.