

## PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA NO USO DA ÁGUA DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR SOB LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

ANDERSON P. COELHO<sup>1</sup>, ALEXANDRE B. DALRI<sup>2</sup>, ESTÊVÃO P. A. LANDELL<sup>3</sup>,  
LUIZ F. PALARETTI<sup>4</sup>, ROGÉRIO T. FARIA<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Eng. Agrônomo, Mestrando em Produção Vegetal, Depto. de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal, Fone: (035) 9 9883-0484, anderson\_100ssp@hotmail.com

<sup>2</sup> Eng. Agrícola, Prof. Dr., Depto. de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal, Fone: (016)9 8141-0080, dalri@fcav.unesp.br

<sup>3</sup> Graduando em Eng. Agrônômica, Depto. de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal, Fone: (016)9 9707-3053, epachecolandell@gmail.com

<sup>4</sup> Eng. Agrônomo, Prof. Dr., Depto. de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal, Fone: (016)9 9360-4545, lfpalaretti@fcav.unesp.br

<sup>5</sup> Eng. Agrônomo, Prof. Dr., Depto. de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal, Fone: (016)9 8125-6514, rogeriofaria@fcav.unesp.br

Apresentado no  
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017  
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

**RESUMO:** Avaliações de cultivares de cana-de-açúcar submetidas a diferentes lâminas de irrigação dão apontamentos sobre o genótipo e o manejo hídrico mais adequado a ser utilizado em cada situação. Dessa forma, objetivou-se avaliar a produtividade e eficiência no uso da água (EUA) de cinco cultivares de cana-de-açúcar sob três lâminas de irrigação: 0%, 50% e 100% da ETc, no segundo ano de cultivo. O experimento foi instalado na FCAV/UNESP, em Jaboticabal, SP, durante o período de 2015 a 2016. As cultivares avaliadas foram: CTC 4; IACSP 93-3046, RB 86-7515; IAC 95-5000 e IAC 91-1099. A irrigação era acionada quando o déficit hídrico superasse 30 mm. As lâminas efetivas para os manejos hídricos de 0%, 50% e 100% da ETc foram de 899,9 mm, 1079,9 mm e 1259,9 mm, respectivamente. As cultivares CTC 4 e RB 86-7515 foram menos produtivas quando irrigadas. A cultivar IAC 91-1099 apresentou a maior EUA, com 139 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>. A irrigação suplementar (100% da ETc) aumentou significativamente as produtividades das cultivares IACSP 93-3046, IAC 95-5000 e IAC 91-1099, obtendo incrementos superiores a 25% em relação ao sequeiro. A cultivar IAC 95-5000 apresentou maior otimização no uso da água sob irrigação deficitária (50% da ETc).

**PALAVRAS-CHAVE:** Otimização da água; Irrigação deficitária; Mudas pré-brotadas

### PRODUCTIVITY AND WATER USE EFFICIENCY OF SUGARCANE CULTIVARS UNDER IRRIGATION DEPTHS

**ABSTRACT:** Evaluations of sugarcane cultivars submitted to different irrigation depths give notes on the genotype and the most appropriate water management to be used in each situation. Thus, the objective of this study was to evaluate the productivity and water use efficiency (WUE) of five sugarcane cultivars under three irrigation depths: 0%, 50% and 100% of ETc, in the second year of cultivation. The experiment was installed at FCAV/UNESP, in Jaboticabal, SP, during the period from 2015 to 2016. The evaluated cultivars were: CTC 4; IACSP 93-3046, RB 86-7515; IAC 95-5000 and IAC 91-1099. The irrigation was on when the water deficit exceeded 30 mm. The effective depths for water managements of 0%, 50% and 100% of ETc were 899.9 mm, 1079.9 mm and 1259.9 mm, respectively. The cultivars CTC 4 and RB 86-7515 were less productive when irrigated. The cultivar IAC 91-1099 presented the highest WUE, with 139 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>. The supplementary

irrigation (100% of ETc) significantly increased yields of cultivars IACSP 93-3046, IAC 95-5000 and IAC 91-1099, with increases greater than 25% in relation to the rainfed. The cultivar IAC 95-5000 presented higher optimization in water use under deficit irrigation (50% of ETc).

**KEYWORDS:** Water optimization; Deficit irrigation; Pre-sprouted seedlings

## **INTRODUÇÃO**

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar. Para a safra 2016/17 estima-se uma área cultivada de  $8.973,2 \cdot 10^3$  ha, com produção total de  $684.773,9 \cdot 10^3$  Mg e produtividade média de  $76,31 \text{ t ha}^{-1}$ . Dentre as unidades federativas, o estado de São Paulo se destaca com grande representatividade nacional, sendo responsável por 52,02% da área e 55,74% da produção nacional (CONAB, 2016). Verifica-se que o rendimento médio nacional é muito pequeno, possuindo incrementos anuais que diminuem com o decorrer dos cortes (PERECIN et al., 2009). Dessa maneira, adoção de novas práticas de manejo como modo de plantio, uso de novas cultivares e irrigação, tornam-se imprescindíveis para o aumento da produtividade.

O suprimento e distribuição uniforme de chuvas durante o ciclo da cana-de-açúcar é primordial para a obtenção de produtividades elevadas (INMAN-BAMBER & SMITH, 2005). Para regiões tropicais, onde existe grande variabilidade de condições climáticas, estudos locais para estimativa de consumo hídrico de diversos genótipos de cana-de-açúcar e sua correlação com a produtividade tornam-se imprescindíveis (SILVA et al., 2013). A queda na produtividade da cana-de-açúcar pode ocorrer mesmo em regiões úmidas, pois ocorrem períodos com distribuição irregular de chuvas (TAIZ & ZEIGER, 2002), ocasionando restrição hídrica que diminui a fotossíntese e desenvolvimento das plantas (YORDANOV et al., 2000).

Concomitante, o manejo varietal torna-se indispensável em lavouras irrigadas, pois existem cultivares que apresentam maior potencial produtivo em condições irrigadas, já outras são adaptadas a ambientes com restrição hídrica (SILVA et al., 2014). Dentro desse contexto, a análise da eficiência no uso da água (EUA) ganha destaque, por ser bastante utilizada na seleção de cultivares tolerantes ao estresse hídrico (KO & PICCINNI, 2009) e, conseqüentemente, responsivas à irrigação.

Além disso, a tendência decrescente para a disponibilidade hídrica na agricultura e o aumento dos custos de energia, tornam-se fatores ainda mais importantes para usar eficientemente a água (LÓPEZ-MATA et al., 2010), seja por meio de escolha correta de cultivares e/ou lâmina de irrigação a ser utilizada, uma vez que a irrigação deficitária pode gerar produtividades máximas para a cana-de-açúcar (BERNARDO, 2006).

Dessa forma, objetivou-se com o estudo avaliar a produtividade e eficiência no uso da água (EUA) de cinco cultivares de cana-de-açúcar sob três lâminas de irrigação: 0%, 50% e 100% da ETc, no segundo ano de cultivo.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Caracterização da área experimental**

O experimento foi realizado na FCAV, UNESP, Câmpus de Jaboticabal, SP, Brasil (latitude  $21^{\circ}14'50''$  S, longitude  $48^{\circ}17'5''$  e altitude 570 m), durante o período de maio de 2015 a maio de 2016. O clima é do tipo Cwa (Köppen), caracterizado por precipitação anual média de 1424,6 mm (1971-2000), com total médio para o mês mais chuvoso de 255 mm (dezembro) e de 25 mm para o mês mais seco (julho). O solo da área experimental é

classificado como Latossolo Vermelho eutrófico (EMBRAPA, 1999). As características físicas do solo são apresentadas na Tabela 1 e as características químicas na Tabela 2.

As subparcelas experimentais foram compostas por quatro linhas de cana-de-açúcar, com 4,5 metros de comprimento cada. As duas linhas laterais, bem como 1 m em cada extremidade das linhas centrais foram consideradas como bordaduras, sendo área útil 2,5 m de cada linha central. Neste estudo foram analisadas cinco cultivares de cana-de-açúcar, as quais foram: CTC 4, IAC 93-3046, RB 86-7515, IAC 95-5000 e IAC 91-1099. Foram utilizadas mudas pré-brotadas para plantio da cana-de-açúcar. O espaçamento de plantio foi de 50 cm entre mudas e 1,5 m entre linhas, densidade equivalente a 13.333 mudas ha<sup>-1</sup>. A primeira colheita foi realizada em maio de 2015 e a segunda em maio de 2016.

TABELA 1. Características físicas do solo da área experimental

Prof. (cm)	ds* (g cm <sup>-3</sup> )	Areia total (g kg <sup>-1</sup> )	Argila (g kg <sup>-1</sup> )	Silte (g kg <sup>-1</sup> )	Textura do solo
0 – 20	1,29	220	580	200	Argiloso
20 – 40	1,20	190	600	210	Argiloso
40 – 60	1,07	160	650	190	Muito argiloso

\*ds – densidade do solo

TABELA 2. Características químicas do solo da área experimental.

Camada (cm)	pH	M.O. (g dm <sup>-3</sup> )	P <sub>resina</sub> (mg dm <sup>-3</sup> )	S (mg dm <sup>-3</sup> )	H+Al	Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
	CaCl <sub>2</sub>				(mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )							
0 – 20	5.4	25	41	45	32	1	1.8	51	21	73.6	105.4	70
20 – 40	5.2	18	19	53	34	0	1.6	31	13	45.4	79.4	56

A adubação foi realizada com a aplicação de 130 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 180 Kg N, tendo como fontes o cloreto de potássio e o sulfato de amônio. Não houve necessidade de adubação fosfatada devido aos altos teores de fósforo obtidos através da análise química do solo. Nas parcelas irrigadas a adubação foi realizada via fertirrigação, com a dose sendo dividida em oito aplicações iguais. No sequeiro a adubação foi realizada 30 dias após o início do crescimento.

### Sistema e manejo da irrigação

O sistema de irrigação foi instalado antes do plantio da cana-de-açúcar. Foi utilizado o gotejamento subterrâneo. O tubo gotejador instalado foi da marca Petroisa, modelo Durazio®, com diâmetro nominal de 16 mm, parede do tubo com 500 micra (25 mil) de espessura e emissores espaçados de 0,3 m. O manejo da irrigação foi realizado com base na demanda hídrica da cultura, de acordo com o método FAO 56, utilizando dados climáticos obtidos diariamente na estação agrometeorológica automatizada da FCAV/UNESP. A evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) foi estimada diariamente pela equação de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998):

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

Em que:

ET<sub>o</sub> – evapotranspiração de referência, mm d<sup>-1</sup>;

$\Delta$ – declividade da curva de pressão de vapor na saturação *versus* temperatura do ar, kPa °C<sup>-1</sup>;  
 $R_n$ – saldo de radiação na superfície do cultivo, MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>;  
 $G$  – fluxo total de calor no solo, MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>;  
 $\gamma$ – coeficiente psicrométrico, kPa °C<sup>-1</sup>;  
 $U_2$  – velocidade do vento a 2 m de altura, m s<sup>-1</sup>;  
 $e_s$  – pressão de vapor na saturação, kPa;  
 $e_a$ – pressão de vapor atual, kPa;  
 $T$ – temperatura média diária do ar, °C;

A evapotranspiração da cultura da cana-de-açúcar (ETc) foi calculada pela Equação 2, estimada com os coeficientes de cultura (kc), de acordo com Doorenbos e Kassam (2000):

$$ETc = ET_0 kc \quad (2)$$

Em que:

ETc – Evapotranspiração da cultura, mm dia<sup>-1</sup>;  
 kc – coeficiente de cultura, tabelado, adimensional.

A irrigação suplementar consistiu em suprir a demanda hídrica da cana-de-açúcar, interrompendo-a 45 dias antes da colheita para maturação da cultura. A irrigação suplementar e deficitária foi realizada sempre que ocorreu um déficit hídrico acumulado da cultura de 30 mm, ou seja, a cultura era irrigada sempre que o somatório da evapotranspiração da cultura menos a precipitação fosse maior ou igual a 30 mm. Na irrigação suplementar a lâmina aplicada correspondia a 100% da demanda hídrica da cultura. Já para a irrigação deficitária, a lâmina utilizada foi baseada em fornecimento de 50% do total evapotranspirado pela cultura. Essa lâmina de irrigação foi baseada no trabalho de Dalri e Cruz (2002), em que os autores não observaram diferença significativa na produtividade de colmos de cana-de-açúcar utilizando lâminas de irrigação de 10, 20 e 30 mm. Foi considerado a eficiência de aplicação de água pela irrigação igual a 90%.

### Produtividade e eficiência no uso da água

Para a estimativa da produtividade, coletou-se os colmos de 2 m centrais de cada linha da área útil, totalizando 4 m (6 m<sup>2</sup>) por subparcela. O peso por área experimental, obtido em balança eletrônica de duas casas decimais, foi extrapolado para ha. A eficiência no uso da água (EUA) foi obtida pela relação entre a produtividade das cultivares pela lâmina efetiva (Equação 3), conforme Singh et al. (2007). A precipitação efetiva foi calculada após a dedução da água percolada recebida por precipitações. Utilizou-se para o cálculo um armazenamento de 30 mm no solo (lâmina de irrigação).

$$EUA \text{ (kg ha}^{-1}\text{mm}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Produtividade (t ha}^{-1}\text{)}}{\text{Lâmina efetiva (mm)}} \quad (3)$$

### Estatística

O experimento constituiu de dois fatores: irrigado (I) e não irrigado (NI), com 12 repetições. Estes fatores foram alocados nas parcelas e as cultivares nas subparcelas. O delineamento utilizado foi o de blocos incompletos parcialmente balanceados (PBIB), com três cultivares por bloco e total de 12 blocos. Esse delineamento é caracterizado por ser uma boa opção para diminuir a magnitude dos experimentos. Os delineamentos em PBIB foram introduzidos por Bose & Nair (1939) como maneira de avaliar um grande número de

tratamentos. Os procedimentos estatísticos foram determinados por meio de auxílio computacional (Software SAS®) constando a análise de variância, com aplicação de comparação de médias, pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos primeiros meses de crescimento da cana-de-açúcar, a temperatura média do ar variou entre 16,7°C e 23°C, próxima das médias normais para o local (Figura 1), porém abaixo da faixa de temperatura ideal para a brotação das gemas da cana-de-açúcar que se situa entre 32 e 38°C (BARBIERI et al., 1979) e inferiores à faixa de temperatura ideal para o crescimento dos colmos, entre 25°C e 35°C (MAGRO et al., 2011). Segundo Bonnet et al. (2006), à medida que a temperatura do ar se eleva até em torno de 30 °C há aumento considerável de perfilhamento e crescimento em altura.

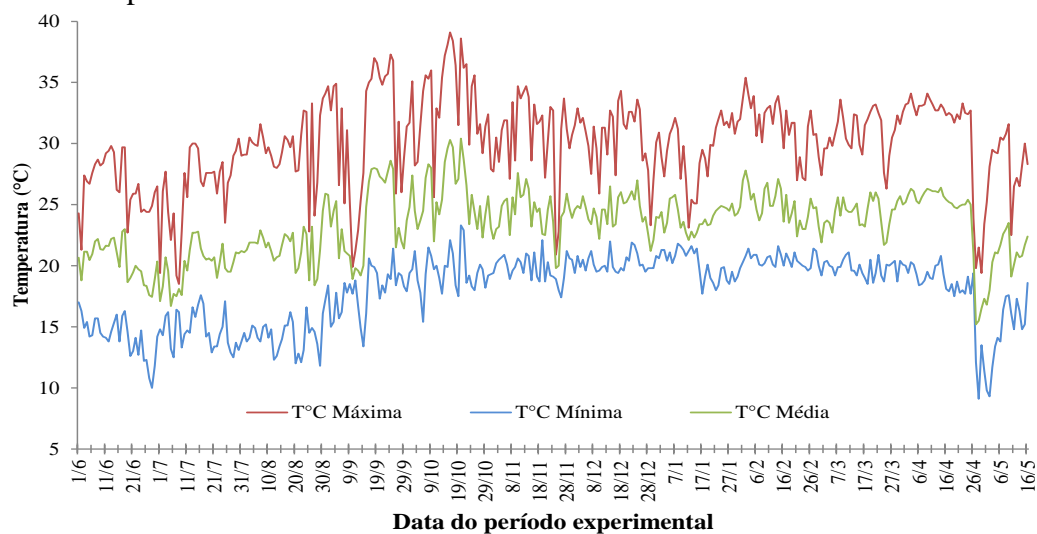


FIGURA 1. Dados das temperaturas máximas, mínimas e médias referentes ao período de 01/06/2015 a 16/05/2016

O pico de evapotranspiração da cultura diário foi de 7,92 mm (Figura 2). Para a precipitação o valor máximo diário foi de 116,3 mm. A evapotranspiração média diária da cultura no período experimental foi de 3,69 mm dia<sup>-1</sup>.

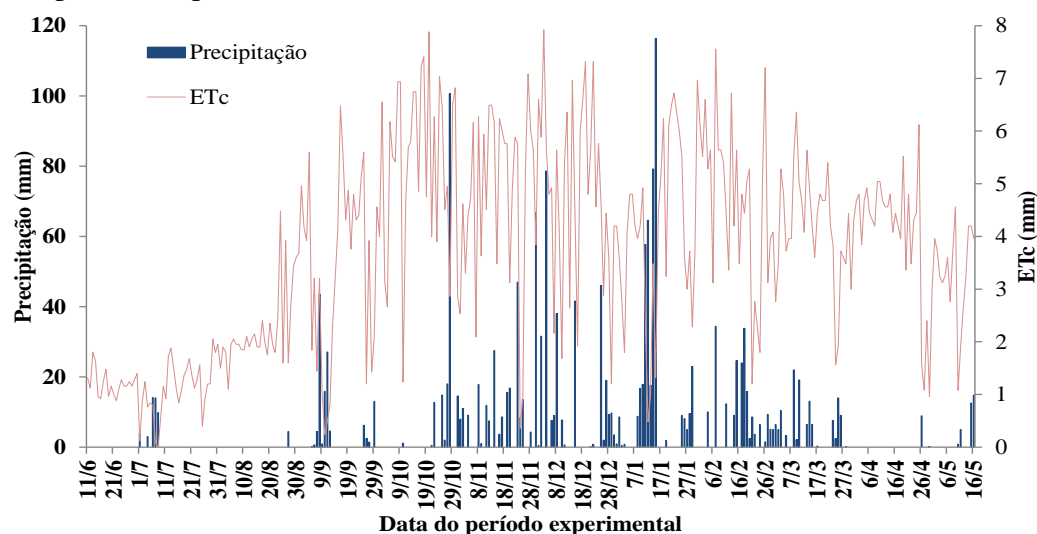


FIGURA 2. Dados diários de precipitação e evapotranspiração determinados para a cultura da cana-de-açúcar. Período experimental de 11/06/2015 a 16/05/2016

A lâmina acumulada de evapotranspiração da cultura e precipitação para o período experimental de 11/06/2015 a 16/05/2016 foram de 1259,9 mm e 1740,0 mm, respectivamente. Foram necessárias 12 irrigações durante o ciclo da cultura, totalizando lâminas de 180 mm e 360 mm para o manejo de irrigação deficitária e suplementar, respectivamente. As lâminas efetivas aproveitadas para os manejos de sequeiro, irrigação deficitária e irrigação suplementar para o cálculo da EUA foram de 899,9 mm, 1079,9 mm e 1259,9 mm, respectivamente.

A irrigação promoveu efeito significativo ( $Pr < 0,05$ ) sobre a produtividade da cana-de-açúcar (Tabela 3). Além disso, existem cultivares com maior produtividade ( $Pr < 0,05$ ) do que outras. Não ocorreu interação significativa entre Irrigação x Cultivar. O Coeficiente de Variação (C.V.) para os dados de produtividade foi de 18,13%. Segundo Gomes (1990), C.V. entre 10 e 20% são considerados como médios, com boa precisão experimental.

TABELA 3. Resumo da análise de variância para a produtividade da cana-de-açúcar em função da média obtida das cinco cultivares em condições de irrigação deficitária, suplementar e sequeiro.

Fonte de variação	Quadrado médio	F	Pr>F
Irrigação (I)	5834,83	10,25	0,0002
Cultivar (C)	2100,29	3,69	0,0103
I x C	907,55	1,59	0,15
C.V. (%)	18,13		

A irrigação suplementar promoveu incrementos significativos de produtividade em relação ao sequeiro (Tabela 4). Percebe-se que as cultivares com menor rendimento dentro do manejo de irrigação suplementar (CTC 4 e RB 86-7515) ficaram entre as melhores no sequeiro, dando indícios de genótipos pouco responsivos à irrigação. Esses dois genótipos citados anteriormente foram os únicos em que a irrigação não promoveu incrementos significativos de produtividade. As cultivares IAC 95-5000 e IAC91-1099 apresentaram maior produtividade quando irrigadas, independente do manejo hídrico adotado. Já a cultivar IACSP 93-3046 possuiu maior produtividade sob a lâmina que fornecia 100% da ETC, exigindo maior quantidade de água para expressar todo o seu potencial. Fato semelhante foi observado por Gava et al. (2011), em que a cultivar RB855536 sob irrigação suplementar não teve sua produtividade aumentada significativamente sob irrigação suplementar, enquanto os incrementos para os genótipos RB 86-7515 e SP80-3280 foram significativos.

TABELA 4. Média da produtividade para as cinco cultivares e os três manejos hídricos analisados.

Cultivares	Produtividade de colmos ( $t\ ha^{-1}$ )		
	Sequeiro	Deficitário	Suplementar
CTC 4	126,35 ABa	125,62 ABa	127,17 Ba
IACSP 93-3046	101,76 Bb	110,06 Bb	157,64 Aa
RB 86-7515	114,10 ABa	121,00 ABa	119,65 Ba
IAC 95-5000	108,58 ABb	139,02 ABa	149,67 ABa
IAC 91-1099	132,74 Ab	146,92 Aab	165,99 Aa
<b>Média</b>	116,70 b	128,54 ab	144,02 a

\*médias seguidas de uma mesma letra maiúscula, na coluna, e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade. Os testes estatísticos não comparam as médias entre os períodos de análises.

Os valores obtidos de TCH para esse estudo diferem dos encontrados por Silva et al. (2014) em condição de irrigação suplementar para as cultivares IACSP 93-3046 e RB 86-7515, em que as cultivares possuíam comportamento inverso ao obtido no presente experimento. No entanto, em relação a cultivar IAC 91-1099, os resultados corroboram aos encontrados na condição de irrigação suplementar, demonstrando grande adaptabilidade do genótipo à diversos ambientes de produção. Já Campos et al. (2014), avaliando lâmina de irrigação suprimindo 50% da ETC, obteve que a cultivar IAC 91-1099 apresentava uma das maiores produtividades médias, como o mesmo observado para a irrigação deficitária no presente estudo. Dessa maneira, observa-se que a escolha de cultivares é fundamental para o sucesso e sustentabilidade sistemas de produção irrigados em cana-de-açúcar, uma vez que a escolha adequada pode resultar em crescimento de 23% na produtividade da cana (RESENDE SOBRINHO, 2000).

A irrigação promoveu efeito significativo ( $Pr < 0,05$ ) para a EUA da cana-de-açúcar (Tabela 5). O efeito também foi variável ente genótipos, ou seja, existem cultivares com maior EUA do que as demais. Não ocorreu interação significativa entre Irrigação x Cultivar.

TABELA 5. Resumo da análise de variância para a EUA da cana-de-açúcar em função da média obtida das cinco cultivares em condições de irrigação deficitária, suplementar e sequeiro.

Fonte de variação	Quadrado médio	F	Pr>F
Irrigação (I)	1942,42	4,98	0,0109
Cultivar (C)	146,14	4,99	0,0019
I x C	686,38	1,76	0,11
C.V. (%)	16,10		

No sequeiro, as cultivares CTC 4, RB 86-7515 e IAC 91-1099 apresentaram EUA superior às demais (Tabela 6). Observa-se que sob irrigação suplementar, dentre as três, somente a IAC 91-1099 possui EUA semelhante às cultivares superiores. Sendo assim, verifica-se que esse é um genótipo com altas produtividades sob manejo de sequeiro como também quando submetido à irrigação. Esse fato é corroborado analisando a EUA média das cultivares, sendo essa cultivar superior às demais ( $139,29 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ ). Além disso, a EUA tem sido bastante utilizada na seleção de genótipos mais tolerantes ao estresse hídrico (IGBADUN et al., 2006). Dessa maneira, observa-se que as cultivares CTC 4 e RB 86-7515 apresentam adaptação ao sistema de sequeiro, uma vez que a EUA foi superior nessa condição. De acordo com Olivier & Singels et al. (2015), a EUA é influenciada pela cultivar, enfatizando a importância da escolha correta, uma vez que o genótipo leva a uma utilização mais eficiente da água e maior produtividade.

TABELA 6. Média da EUA para as cinco cultivares e os três manejos hídricos analisados.

Cultivares	EUA ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ )			Média
	Sequeiro	Deficitário	Suplementar	
CTC 4	140,40 ABa	107,36 ABb	100,94 Bb	116,24 B
IACSP 93-3046	113,07 Ba	112,15 ABa	125,12 ABa	116,78 B
RB 86-7515	126,79 ABa	105,05 Bb	94,97 Bb	108,94 B
IAC 95-5000	120,66 Ba	128,96 Aa	118,79 ABa	122,80 B
IAC 91-1099	147,50 Aa	138,63 Aa	131,75 Aa	139,29 A
<b>Média</b>	129,69 a	118,43 ab	114,31 b	

\*médias seguidas de uma mesma letra maiúscula, na coluna, e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade. Os testes estatísticos não comparam as médias entre os períodos de análises.

A análise da relação da matéria verde produzida por quantidade de água utilizada pode demonstrar a cultivar e o manejo hídrico mais adequado, otimizando os recursos existentes. Nesse contexto, foi calculada a razão entre o incremento de produtividade pelo incremento da lâmina para as cinco cultivares (Tabela 7). Valores próximos ou iguais a 1 representam que cada aumento percentual na lâmina aplicada gera um aumento percentual na produtividade da cultura. Valores superiores a 1 indicam genótipos com elevada capacidade de otimização da água, possuindo aumento percentual de produtividade superior ao incremento na lâmina de irrigação aplicada. O valor obtido fornece indícios se a resposta da cultivar à irrigação em relação à produtividade é linear, quadrática ou nula, uma vez que o padrão estabelecido é o cultivo no sequeiro.

Para as cultivares que não possuíram incrementos significativos na produtividade sob irrigação (CTC 4 e RB 86-7515), percebe-se que os valores da razão TCH/Lâmina foram inferiores a 0,3. Para as demais, observa-se que o coeficiente foi maior sob irrigação suplementar para as cultivares IACSP 93-3046 e IAC 91-1099. No caso da IAC 95-5000, nota-se que o maior valor foi obtido sob irrigação deficitária, indicando que para esse genótipo a otimização do uso da água é obtida em lâminas de irrigação inferiores a 100% da reposição hídrica.

TABELA 7. Incrementos de produtividade e lâmina aplicada em relação ao sequeiro das cinco cultivares analisadas sob irrigação suplementar e deficitária.

Cultivares	Incr. TCH (%)		Incr. de Lâmina (%)		Razão TCH/Lâm.	
	Deficitário	Suplem.	Deficitário	Suplem.	Deficitário	Suplem.
CTC 4	(0,58)	0,65	20	40	0	0,02
IACSP 93-3046	8,16	54,91	20	40	0,41	1,37
RB 86-7515	6,05	4,86	20	40	0,30	0,12
IAC 95-5000	28,03	37,84	20	40	1,4	0,95
IAC 91-1099	10,68	25,05	20	40	0,534	0,63
<b>Média</b>	10,15	23,41	20	40	0,51	0,58

Verifica-se que lâminas de irrigação entre 50 e 100% da ETc não afetam a EUA de cultivares responsivas à esse sistema (FARIAS et al., 2008). No entanto, para cultivares com resposta nula a irrigação, a EUA diminui significativamente com o aumento da lâmina de água utilizada. Quanto às lâminas utilizadas para máximas produtividades, observa-se muita variação quanto a diversos fatores, dentre eles destacam-se: genótipo, tipo de irrigação, fonte de água utilizada, manejo de irrigação adotado, distribuição do volume anual de chuvas, quantidade de água precipitada e tipo de solo.

Dentro desse contexto, Deon et al. (2010) observaram que a produtividade máxima para a cultivar SP 90-3414 seria alcançada com um fornecimento de água residuária equivalente a 71,37% da ETc. Avaliando lâminas de irrigação com água potável e efluente de esgoto tratado, Freitas et al. (2015), observaram resposta linear da produtividade da cana-de-açúcar, até a lâmina de 150% da ETc, quando se utilizava a água residuária. Já quando era utilizada a água potável, a maior produtividade era alcançada com o fornecimento de 125% da ETc. Segundo Deon et al. (2010), o incremento linear da produtividade em função do incremento nas lâminas de irrigação com água residuária deve-se, principalmente, à adição contínua de N via irrigação. Concomitante, Costa et al. (2016) avaliando a lâmina de irrigação, com água potável, que promovia maior produtividade de dois genótipos, observaram que para a cultivar RB855453 a produtividade máxima (189 t ha<sup>-1</sup>) foi alcançada com um fornecimento de 75% da ETc. Já para a cultivar RB96-5902 o rendimento máximo (173 t ha<sup>-1</sup>) foi obtido com uma lâmina equivalente a 150% da ETc.

## CONCLUSÕES

As cultivares CTC 4 e RB 86-7515 são pouco adaptadas à sistemas de produção irrigado, apresentando produtividades iguais em todas as condições hídricas e maior EUA em condição de sequeiro. As cultivares IAC 95-5000 e IAC 91-1099 apresentaram produtividades superiores em condições irrigadas, independente do manejo adotado. Já a cultivar IACSP 93-3046 obteve maior produtividade somente sob irrigação suplementar (100% da ETc). As cultivares IACSP 93-3046 e IAC 91-1099 possuem melhor otimização da água sob irrigação suplementar. Em contrapartida, o genótipo IAC 95-5000 apresenta maior otimização da água sob irrigação deficitária (50% da ETc).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO. 1998. 300 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper 56).
- BARBIERI, V.; BACCHI, O.O.S.; VILLA NOVA, N.A. **Análise do fator temperatura do ar no desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 1979. Mossoró. Anais. Mossoró: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1979, p.6-8.
- BERNARDO, S. Manejo da irrigação na cana-de-açúcar. **ITEM: Irrigação e Tecnologia Moderna**. Brasília, v.71/72, p.56-62, 2006.
- BONNETT, G. D; HEWITT, M.L.; GLASSOP, D. Effects of high temperature on the growth and composition of sugarcane internodes. **Australian Journal of Agricultural Research**,[s.n], v. 57, p. 1087-1095, 2006.
- BOSE, R. C.; NAIR, K. R. Partially balanced incomplete block designs. **Sankhya**, Calcutta, v. 4, p. 337-372, 1939.
- CAMPOS, P.F.; ALVES JÚNIOR, J; CASAROLI, D.; FONTOURA, P.R.; EVANGELISTA, A.W.P. Cultivares de cana-de-açúcar submetidas à irrigação suplementar no cerrado goiano. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.34, n.6, p.1139-1149, nov./dez. 2014.
- COSTA, C.T.S.; SAAD, J.C.C.; SILVA JÚNIOR, H.M. Growth and productivity of sugarcane varieties under various irrigation levels. **Revista Caatinga**, mossoró, v.29, n.4, p.945-955, 2016.
- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar**. Segundo Levantamento, v.3, n.2. agosto/2016. Disponível em :<  
[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_08\\_18\\_12\\_03\\_30\\_boletim\\_cana\\_portugues\\_-\\_2o\\_lev\\_-\\_16-17.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_08_18_12_03_30_boletim_cana_portugues_-_2o_lev_-_16-17.pdf)> Acesso em 28 nov. de 2016.
- DALRI, A.B.; CRUZ, R.L. Efeito da frequência de irrigação subsuperficial por gotejamento no desenvolvimento da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Irriga**, Botucatu, v.7, n.1, 2002.
- DEON, M.D.I.; GOMES, T.M.; MELFI, A.J.; MONTES, C.R.; SILVA, E. da. Produtividade e qualidade da cana-de-açúcar irrigada com efluente de estação de tratamento de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.1149-1156, 2010.
- DOORENBOS, J., KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Boletim n.33. Ed.2, Campina Grande, UFPB, 2000, p.150-154.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de classificação de Solos**. Brasília, 1999. 412 p.
- FARIAS, C.H.A.; FERNANDES, P.D.; DANTAS NETO, J.; GHEYI, H.R. Eficiência no uso da água na cana-de-açúcar sob diferentes lâminas de irrigação e níveis de zinco no litoral paraibano. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.3, p. 494-506, 2008.

- FREITAS, C.A.S.; SILVA, A.R.A.; BEZERRA, F.M.L.; MOTA, F.S.B.; GONÇALVES, L.R.B.; BARROS, E.M. Efluente de esgoto tratado e reutilizado como fonte hídrica alternativa para a produção de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n.7, p.727-734, 2013.
- GAVA, G.J.C.; SILVA, M.A.; SILVA, R.C.; JERONIMO, E.M.; CRUZ, J.C.S.; KOLLN, O.T. Produtividade de três cultivares de cana-de-açúcar sob manejos de sequeiro e irrigado por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.15, n.3, p.250-255, 2011.
- IGBADUN, H.E., MAHOO, H.F.; TARIMO, A.K.P.R.; SALIM, B.A.S. Crop water productivity of an irrigated maize crop in Mkoji sub-catchment of the Great Ruaha River Basin, Tanzania. **Agricultural Water Management**, v.85, p.141-150, 2006.
- INMAN-BAMBER, N.G.; SMITH, D.M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research**, v.92, p.185-202, 2005.
- KO, J.; PICCINI, G. Corn yield responses under crop evapotranspiration-based irrigation management. **Agricultural Water Management**, v.96, p.799-808, 2009.
- LÓPEZ-MATA, E.; TARJUELLO, J. M.; JUAN, J. A. DE; BALLESTEROS, R.; DOMÍNGUEZ, A. Effect of irrigation uniformity on the profitability of crops. **Agricultural Water Management**, v.98, p.190-198, 2010.
- MAGRO, F.J.; TAKAO, G.; CAMARGO, P.E.; TAKAMATSU, S.Y. **Biometria em cana-de-açúcar**, 2011. (Trabalho de) LPV0684: Produção de Cana-de-açúcar, USP, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, jun. 2011.
- OLIVIER, F.C.; S., A. Increasing water use efficiency of irrigated sugarcane production in South Africa through better agronomic practices. **Field Crops Research**, v.176, p. 87-98, 2015.
- PERECIN, D.; LANDELL, M.G.A.; XAVIER, M.A.; ANJOS, I.A.; BIDOIA, M.A.P.; SILVA, D.N. Progresso agrônômico e genético em programa de melhoramento de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v.27, n.2, p.279-287, 2009.
- RESENDE SOBRINHO, E.A. **Comportamento de variedades de cana-de-açúcar em Latossolo Roxo, na região de Ribeirão Preto – SP**. 2000. 85 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.
- SILVA, V.P.R.; SILVA, B.B.; ALBUQUERQUE, W.G.; BORGES, C.J.R.; SOUSA, I.F.; DANTAS NETO, J. Crop coefficient, water requirements, yield and water use efficiency of sugarcane growth in Brazil. **Agricultural Water management**, v.128, p. 102-109, 2013.
- SILVA, M.A.; ARANTES, M.T.; RHEIN, F.L.; GAVA, G.J.C.; KOLLN, O.T. Potencial produtivo da cana-de-açúcar sob irrigação por gotejamento em função de cultivares e ciclos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande. v.18, n.3, p.241-249, 2014.
- SINGH, P. N.; SHUKLA, S. K.; BHATNAGAR, V. K. Optimizing soil moisture regime to increase water use efficiency of sugarcane (*Saccharum* spp. Hybrid complex) in subtropical India. **Agricultural Water Management**, v.90, p.95-100, 2007.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Redwood City: Benjamin/Cummings, 2002. 565 p.
- YORDANOV I.; VELIKOVA V.; TSONE V. Plant response to drought, acclimatation and stree tolerance. **Photosynthetica**. V. 30: 171-186. 2000.