

PRODUTIVIDADE INICIAL E EFICIÊNCIA NO USO DA ÁGUA DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR FERTIRRIGADAS E PLANTADAS POR MUDAS PRÉ-BROTADAS

*Initial yield and water use efficiency of fertirrigated sugarcane cultivars and plated by pre-sprouted seedlings*Anderson Prates Coelho¹, Alexandre Barcellos Dalri^{2*}, Estêvão Pacheco de Andrade Landell³, Rogério Teixeira de Faria⁴, Luiz Fabiano Palaretti⁵¹Mestrando em Agronomia; Universidade Estadual Paulista: anderson_100ssp@hotmail.com²Doutor em Agronomia; Professor em Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal/SP: dalri@fcav.unesp.br³Engenheiro Agrônomo; Universidade Estadual Paulista: epachecolandell@gmail.com⁴Doutor em Agricultural Engineering, Professor em Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal/SP: rogeriofaria@fcav.unesp.br⁵Doutor em Meteorologia Agrícola; Professor em Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal/SP: lfpalaretti@fcav.unesp.br

*Autor para correspondência

Artigo enviado em 15/02/2017, aceito em 24/04/2018 e publicado em 17/07/2018.

Resumo – O aumento da produtividade da cana-de-açúcar passa pela adoção de novos sistemas de cultivo. Dentre eles destacam-se a fertirrigação, utilização de cultivares adaptadas a ambientes de produção e plantio de mudas pré-brotadas (MPB). Dessa forma, objetivou-se avaliar o efeito da fertirrigação sobre a produtividade inicial e eficiência de uso da água (EUA) de cinco cultivares de cana-de-açúcar, bem como analisar a viabilidade da colheita aos 180 dias após o plantio (DAP) utilizando MPB. O cultivo foi realizado sob os manejos de irrigação suplementar e de sequeiro, com diferentes doses de adubação nitrogenada e potássica. A irrigação era acionada quando ocorria um déficit hídrico acumulado de 30 mm. A fertirrigação reduz as doses de fertilizantes (N e K₂O) para a cana-de-açúcar em 37,5% sem afetar a produtividade da cultura. O plantio de MPB aumenta a EUA das cultivares. Do ponto de vista produtivo, é recomendável o corte aos 180 DAP da cana-de-açúcar plantada por MPB. O efeito da irrigação sobre o rendimento das cultivares foi genótipo-dependente, uma vez que a cultivar IAC 95-5000 sob irrigação (117,86 t ha⁻¹) apresentou produtividade superior ao cultivo no sequeiro (84,41 t ha⁻¹). Na média, a irrigação incrementou a produtividade da cana-de-açúcar em 10,46%.

Palavras-Chave – Manejo de água; Irrigação suplementar; Ciclo precoce; Mudanças.

Abstract – The increase in productivity of sugarcane goes through the adoption of new cultivation systems. Among them are the fertigation, use of cultivars adapted to production environments and the planting of pre-sprouted seedlings (PSS). Thus, this study aimed to evaluate the effect of fertigation on the initial productivity and water use efficiency (WUE) of five cultivars of sugarcane, as well as analyze the feasibility of harvest at 180 days after planting (DAP) using PSS. The cultivation was carried out under the management of supplementary irrigation and rainfed crop, with different doses of and potassium fertilization. The irrigation was triggered when there was a water deficit accumulated of 30 mm. The fertigation reduces the fertilizer doses (N and K₂O) for sugarcane by 37.5% without affecting crop yield. The PSS planting increases the WUE of cultivars. From a productive point of view, it's advisable to cut at 180 DAP of sugarcane planted by PSS. The effect of irrigation on the yield of the cultivars was genotype-dependent, since the cultivar IAC 95-5000 under irrigation (117.86 t ha⁻¹) showed higher productivity than the cultivation in the rainy season (84,41 t ha⁻¹). On average, the irrigation increased sugarcane yield by 10.46%.

Keywords – Water management; Supplementary irrigation; early cycle; Seedlings.

INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar é de extrema importância para o Brasil, seja para produção de açúcar, etanol, bem como na geração de energia elétrica. É cultivada em todo território brasileiro, principalmente nos estados de SP, GO, MG, PR, MS, AL e PE (em ordem decrescente de área plantada). Para a safra 2016/17 estima-se uma área cultivada de 8.973,2 10³ ha, com produção total de 684.773,9 10³ Mg. O estado de São Paulo possui grande representatividade nacional, sendo responsável por 52,02% da área e 55,74% da produção nacional (CONAB, 2016).

O aumento da produção da cana-de-açúcar no Brasil não passa necessariamente pela ampliação da área cultivada, mas sim pelo aumento da produtividade. Para isso existem caminhos como, por exemplo, o desenvolvimento de novas cultivares, modo de plantio, implantação da irrigação e fertirrigação nas áreas cultivadas.

Tradicionalmente, o plantio da cana-de-açúcar é por meio de toletes (rebolos). Em estágio incipiente, estão sendo desenvolvidas e aperfeiçoadas técnicas de plantio da cultura, conhecida como MPB, ou plantio de mudas pré-brotadas. O sistema de plantio MPB foi direcionado para aumentar a eficiência de ganhos econômicos na implantação de viveiros, replantio de áreas comerciais e, possivelmente, na renovação e expansão de áreas de cana-de-açúcar (LANDELL et al., 2013).

No entanto, por ser uma tecnologia que requer alto investimento inicial, a utilização de MPB é restrita, tornando-se um empecilho para o produtor. Sendo assim, a recomendação técnica de corte precoce de lavouras plantadas por MPB, com rápido retorno de investimento, seria uma alternativa para aumentar a área plantada com a tecnologia, uma vez que a utilização desse sistema garante um ganho de 90 a 110 dias no ciclo da cana-planta (LANDELL et al., 2014). Outro grande benefício está na redução da quantidade de mudas que vai a campo. Para o plantio de um hectare de cana, o consumo de mudas cai de 18 a 20 toneladas no plantio convencional, para 2 toneladas no MPB.

Concomitante a isso, a irrigação por gotejamento subsuperficial (IGS) nos canais garante uma segurança em alcançar elevadas produtividades, uma vez que a água desloca favoravelmente o ambiente de produção, até mesmo nos solos de baixa fertilidade (PRADO et al., 2010). Outra vantagem da IGS está no fato de permitir a distribuição e parcelamento de fertilizantes via água. Nesse sistema, a adubação torna-se mais eficiente, pois as perdas de nutrientes por lixiviação, volatilização e desnitrificação são pequenas, podendo-se reduzir as doses de adubos aplicadas nas lavouras.

Conjuntamente, 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., 2014a). Dentro desse contexto, a análise da eficiência no uso da água (EUA) ganha destaque,

por ser bastante utilizada na seleção de cultivares mais produtivas sob irrigação e tolerantes ao estresse hídrico (KO & PICCINNI, 2009).

Assim, o objetivo do estudo foi avaliar o efeito da fertirrigação sobre a produtividade inicial e EUA de cinco cultivares de cana-de-açúcar, bem como analisar a viabilidade da colheita aos 180 DAP utilizando MPB como material de propagação.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área experimental

O experimento foi instalado na área experimental de irrigação da FCAV, UNESP, Câmpus de Jaboticabal, SP. As coordenadas geográficas são 21°14'50" de latitude Sul e 48°17'5" de longitude Oeste. Altitude média de 570 m e clima do tipo Cwa (Köppen). A precipitação anual média é de 1424,6 mm (1971-2000), e apresenta um total médio para o mês mais chuvoso (dezembro) de 255,2 mm, e de 25,3 mm para o mês mais seco (julho). O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho eutroférrico (EMBRAPA, 1999), relevo suave ondulado e com elevado teor de argila nas camadas analisadas (Tabela 1)

Tabela 1. Características físicas do solo da área experimental.

Prof. (m)	ds (g cm ⁻³)	Areia total (g kg ⁻¹)	Argila (g kg ⁻¹)	Silte (g kg ⁻¹)	Textura do solo
0-0,2	1,29	220	580	200	Argiloso
0,2-0,4	1,20	190	600	210	Argiloso
0,4-0,6	1,07	160	650	190	Muito argiloso

De acordo com a análise química do solo (Tabelas 2 e 3) e Raij et al. (1996), não houve necessidade de realizar a calagem previamente, nem tampouco a gessagem. Em relação aos micronutrientes, especialmente Cu e Zn, todos estavam em teores adequados para a cana-de-açúcar.

Tabela 2. Características químicas do solo da área experimental (macronutrientes). Antes do plantio da cana-de-açúcar.

Camada (m)	pH	M.O. (g dm ⁻³)	P _{resina} (mg dm ⁻³)	H+Al (mmol _c dm ⁻³)	Al (mmol _c dm ⁻³)	
	CaCl ₂					
0-0,2	5,9	25	76	20	0	
0,2-0,4	5,2	20	16	28	0	
0,4-0,6	5,7	11	7	22	0	
	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
	(mmol _c dm ⁻³)					
	5,3	48	34	87,3	107,3	81
	2,7	22	15	39,7	67,7	59
	1,4	14	8	23,4	45,4	52

Tabela 3. Características químicas do solo da área experimental (micronutrientes). Antes do plantio da cana-de-açúcar.

Camada (m)	B	Cu	Fe	Mn	S-SO ₄	Zn
	(mg dm ⁻³)					
0-0,2	0,38	4,4	5	9,9	20	2,3
0,2-0,4	0,35	4	6	8,4	89	3,1
0,4-0,6	0,19	1,7	5	8,6	80	0,4

Preparo do solo e adubação

As operações para o preparo do solo foram a subsolagem seguida de duas gradagens niveladoras, com o objetivo de descompactar o solo para maior crescimento das raízes, bem como nivelamento da superfície do terreno. Em seguida foram abertos 8 sulcos de 153 m cada para o plantio da cana-de-açúcar, com profundidades de 0,30 m. A disposição das mangueiras gotejadoras foram realizadas em 4 deles.

As doses de adubo utilizadas para o sequeiro foram quantificadas com base na análise de solo e segundo Raij et al. (1996), distribuindo: 160 kg de K₂O ha⁻¹ (cloreto de potássio), 160 kg de P₂O₅ ha⁻¹ (superfosfato simples) e 120 kg de N ha⁻¹ (sulfato de amônio). A adubação potássica e fosfatada foram aplicadas em dose total no sulco, juntamente com 40 kg ha⁻¹ da adubação nitrogenada. O restante do N foi aplicado em cobertura 80 dias após o plantio (DAP). Já para o manejo irrigado, as doses dos adubos potássicos e nitrogenados foram o equivalente a 62,5% do total utilizado para o sequeiro (N: 75 kg ha⁻¹; K₂O: 100 kg ha⁻¹), sendo a adubação fosfatada em dose completa (160 kg de P₂O₅ ha⁻¹). A adubação fosfatada foi realizada em dose total no sulco de plantio. Já as adubações nitrogenadas e potássicas foram divididas em cinco aplicações, início em novembro de 2014 e término em março de 2015, sendo distribuídos em cada fertirrigação doses correspondentes a 15 kg ha⁻¹ de N e 20 kg ha⁻¹ de K₂O. A fonte dos fertilizantes foram as mesmas do sequeiro.

Plantio e cultivares

O plantio da cana-de-açúcar foi realizado em novembro de 2014. O espaçamento utilizado foi 0,50 m entre plantas e 1,5 m entre linhas, densidade equivalente a 13.333 mudas ha⁻¹. As cultivares avaliadas no presente estudo foram A (CTC 4), B (IAC 93-3046), C (RB 86-7515), D (IAC 95-5000) e a E (IAC 91-1099).

As subparcelas experimentais foram compostas por quatro linhas de plantio, cada uma com 4,5 m de comprimento e 6 m de largura, totalizando área de 27 m². 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. Esses valores estão em concordância com Nassif et al. (2013), em que segundo os autores é necessário um mínimo de 15 m² de área por subparcela. A bordadura utilizada também vai de

encontro ao utilizado por Oliveira et al. (2011) e Costa et al. (2014).

Sistema de irrigação

O sistema de irrigação foi instalado antes do plantio da cana-de-açúcar, a 0,30 m de profundidade. Foi utilizado o gotejamento subsuperficial. O tubo gotejador instalado foi da marca Petroisa, modelo Durazio, o qual possui diâmetro nominal de 16 mm, parede do tubo com espessura de 500 micra e com espaçamento entre emissores de 0,3 m. A água, de origem subterrânea, foi filtrada por um filtro de disco de 125 micra. A pressão do sistema de irrigação foi controlada por meio de um regulador e monitorada por um manômetro, sendo mantida a 100 kPa. A vazão nominal do tubo gotejador é de 5 L h⁻¹ m⁻¹. Utilizou-se uma eficiência de irrigação de 90%.

Monitoramento da irrigação

O manejo da irrigação foi via clima, com dados climáticos e de precipitação obtidos diariamente na estação agrometeorológica automatizada da FCAV, UNESP. A evapotranspiração de referência (ET_o) foi estimada diariamente pela equação de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998) (Equação 1).

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

Em que: ET_o – evapotranspiração de referência, mm d⁻¹; Δ – declividade da curva de pressão de vapor na saturação *versus* temperatura do ar, kPa °C⁻¹; R_n – saldo de radiação na superfície do cultivo, MJ m⁻² d⁻¹; G – fluxo total de calor no solo, MJ m⁻² dia⁻¹; γ – coeficiente psicrométrico, kPa °C⁻¹; U₂ – velocidade do vento a 2 m de altura, m s⁻¹; 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 (ET_c) (Equação 2) foi estimada com os coeficientes de cultura (kc), de acordo com Doorenbos & Kassam (2000) (Tabela 4).

$$ET_c = ET_o kc \quad (2)$$

Em que: Etc – Evapotranspiração da cultura, mm dia⁻¹; kc – coeficiente de cultura, tabelado, adimensional.

Tabela 4. Períodos de crescimento da cana-de-açúcar.

Períodos de desenvolvimento	kc
Do plantio até 0,25 de cobertura	0,5
De 0,25 a 0,50 de cobertura	0,8
De 0,50 a 0,75 de cobertura	0,95
De 0,75 à cobertura completa	1,1
Utilização máxima	1,2

A irrigação suplementar foi realizada sempre que ocorreu um déficit hídrico acumulado da cultura de 30 mm, ou seja, a cultura foi irrigada sempre que o somatório da

evapotranspiração da cultura menos a precipitação efetiva fosse maior que 30 mm (Equação 3). A lâmina foi baseada no trabalho de Dalri & Cruz (2002), em que os autores não observaram diferença na produtividade da cana-de-açúcar utilizando frequências de irrigação de 10, 20 e 30 mm.

$$\sum_{i=1}^n (Etc_i - P_i) \geq 30mm \quad (3)$$

Etc_i = evapotranspiração da cultura no i -ésimo dia, mm, e P_i = precipitação efetiva no i -ésimo dia, mm.

Obtenção da produtividade e EUA

O corte da cana-de-açúcar foi realizado durante os dias 19 a 23 de maio de 2015. Para a estimativa da produtividade, coletou-se os colmos dos 2,5 m centrais de cada linha da área útil, totalizando 5 m (7,5 m²) 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, 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).

Análise 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). 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. Difere dos delineamentos em blocos incompletos balanceados (BIB) por não se limitar às exigências de balanceamento, ou seja, não é exigido um mesmo número de repetições para pares de tratamentos. Isso torna uma alternativa mais ampla para experimentos, uma vez que nem sempre é possível fazer com que cada tratamento ocorra com outro, em um mesmo bloco, o mesmo número de vezes (RIBEIRO, 2006). Além disso, não é necessário um mesmo número de tratamentos entre os blocos (RIBOLDI et al., 1988).

Os dados foram analisados pelo programa estatístico SAS® versão 9.3. Foram submetidos a análise de variância, para comparação de médias, pelo teste t ao nível de significância de 5%. A análise de variância, com os respectivos graus de liberdade (GL) (Tabela 5), foi distribuída da seguinte maneira.

Tabela 5. Análise de variância para o experimento.

Fontes de Variação	GL
Bloco	11
Irrigação ajustada	1
Resíduo (a)	11
Cultivares	4
Cultivares * Irrigação	4
Resíduo (b)	36
Total	67

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve nenhuma normalidade dos dados da temperatura do ar para o período analisado, todos os valores estão dentro do esperado (Figura 1). As temperaturas médias mensais para os meses de novembro a abril ficaram entre 22,83°C e 26,38°C. Esses valores favorecem o perfilhamento e crescimento em altura dos colmos, pois à medida que a temperatura do ar se eleva até em torno de 30°C ocorre grande propagação vegetativa da cana-de-açúcar (BONNET et al., 2006), estando a faixa ideal para o crescimento dos colmos entre 25°C e 35°C (MAGRO et al., 2011).

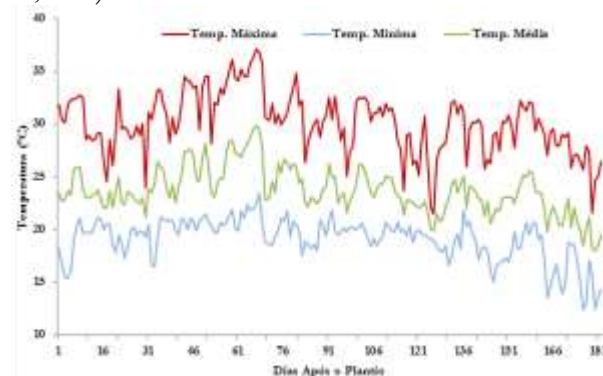


Figura 1. Temperaturas máximas, mínimas e médias para o período experimental. Data: 14/11/2014 a 16/05/2015. Jaboticabal, SP.

No mês de maio a temperatura média do ar foi de 20,14°C, favorecendo a maturação da cana-de-açúcar. As condições favoráveis para o acúmulo de sacarose nos colmos são temperaturas inferiores a 21°C e/ou déficit hídrico (ANDRADE, 2006), sendo que no sudeste brasileiro esse processo se inicia naturalmente no início de maio (DEUBER, 1998).

A precipitação durante o período experimental foi de 949,9 mm, sendo 9,40% inferior à média anual normal de 1048,5 mm para o mesmo período (Figura 2A). Os meses de dezembro e janeiro foram os que apresentaram as maiores reduções na precipitação normal, já os meses de fevereiro e maio apresentaram os maiores incrementos. As lâminas efetivas utilizadas pelas cultivares, adotando-se um armazenamento de 30 mm, foram de 522,46 mm no manejo irrigado e 421,6 mm no sequeiro. A evapotranspiração acumulada durante o período experimental foi de 522,46

mm, com média de 3,35 mm dia⁻¹ e pico máximo de 5,83 mm (Figura 2B). Para produtividades de 100 a 120 t ha⁻¹, a cana-de-açúcar necessita de uma demanda hídrica de 3,5 mm dia⁻¹ (SCARDUA & ROSENFELD, 1987). No entanto, essa é uma variável altamente influenciada pelo ambiente, pois em regiões com temperaturas médias mais elevadas essa demanda chega a 4,7 mm dia⁻¹ (SILVA et al., 2012).

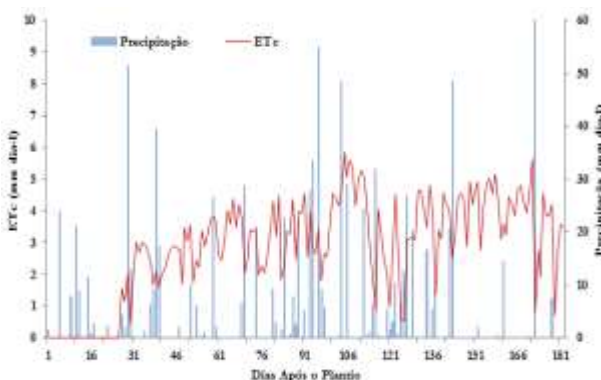
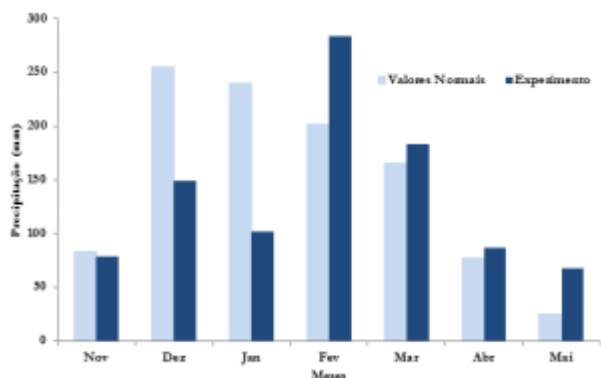


Figura 2. Precipitações mensais normais e experimentais (A). Evapotranspiração e precipitação diária (B). Data: 14/11/2014 a 16/05/2015. Jaboticabal, SP.

Em relação a EUA, a irrigação promoveu efeito significativo sobre as cultivares (Pr<0,05). Também ocorreu interação Irrigação x Cultivar (Pr<0,05), demonstrando existir cultivares que respondem diferentemente à irrigação sobre a EUA (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da análise de variância para a EUA da cana-de-açúcar em função da média obtida das cinco cultivares em condições irrigadas e de sequeiro.

Fontes de variação	Quadrado médio	F	Pr>F
Irrigação (I)	7.523,79	14,62	0,0007
Cultivar (C)	1.196,66	2,32	0,08
I x C	2.368,62	4,6	0,0058
C.V. (%)		10,09	

A irrigação promoveu decréscimo na EUA (Pr<0,05) para as cultivares IAC 93-3046, RB86-7515 e IAC 91-1099, com reduções de 19,68%, 16,50% e 19,95%, respectivamente (Figura 3). A cultivar IAC 95-5000 apresentou maior EUA na condição irrigada, sendo a única com maior eficiência nesse manejo, com incremento de 12,67%. Dentro do manejo irrigado, todas cultivares foram iguais, diferentemente do sequeiro, em que as cultivares IAC 91-1099 e IAC 93-3046 foram superiores às demais.

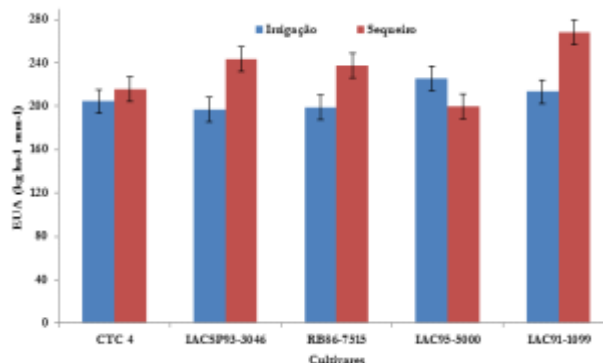


Figura 3. Média da EUA para as cinco cultivares e os dois manejos hídricos analisados. Jaboticabal, SP.

Ocorreu efeito significativo da irrigação (Pr<0,05) sobre a produtividade das cultivares de cana-de-açúcar (Tabela 7). Também ocorreu interação significativa (Pr<0,05) entre Irrigação x Cultivar, ou seja, as cultivares respondem diferentemente à irrigação sobre a produtividade de colmos. O Coeficiente de Variação (C.V.) para os dados de produtividade foi de 10,56%. Segundo Gomes (1990), C.V. entre 10 e 20% são considerados como médios, com boa precisão experimental. Tratando-se de dados relacionados à produtividade, pode-se considerar que um C.V. de 10,56% está adequado, sendo semelhante ao obtido por Gava et al. (2011).

Tabela 7. Resumo da análise de variância para a produtividade da cana-de-açúcar em função da média obtida das cinco cultivares em condições irrigadas e de sequeiro.

Fontes de variação	Quadrado médio	F	Pr>F
Irrigação (I)	1.243,57	10,07	0,0037
Cultivar (C)	215,23	1,74	0,17
I x C	474,32	3,84	0,0135
C.V. (%)		10,56	

A irrigação promoveu incrementos significativos na produtividade da cana-de-açúcar somente para a cultivar IAC 95-5000, com aumento de 39,63% (Tabela 8). Dentro do manejo irrigado, as cultivares obtiveram a mesma produtividade estatisticamente. Em relação ao sequeiro, a cultivar IAC 91-1099 foi estatisticamente superior à IAC 95-5000, possuindo produtividade 28,8 t ha⁻¹ superior.

A grande diferença de rendimento existente entre os manejos hídricos para a cultivar IAC 95-5000 deve-se ao fato de ser um genótipo altamente exigente, ou seja, adaptado aos ambientes de produção mais favoráveis, sendo a irrigação imprescindível para elevadas produtividades (LANDELL et al., 2014). Além disso, a análise da EUA reforça a argumentação anterior. Em condição de sequeiro, a IAC 95-5000, juntamente com a CTC4, foi a que apresentou menor EUA. Já em condições irrigadas, embora todas sejam iguais estatisticamente, esse genótipo obteve a maior eficiência média (225,58 kg ha⁻¹mm⁻¹). Dessa maneira, observa-se que a IAC 95-5000 é uma cultivar extremamente adaptada à irrigação, já que a baixa EUA no sequeiro caracteriza cultivares pouco adaptadas a esse sistema (IGBADUN et al., 2006). Além da irrigação, estudos demonstram que a cultivar possui aumento de produtividade em relação aos demais genótipos quando cultivada em solos de maior fertilidade (CAMPOS et al., 2014; SILVA, 2014b).

Tabela 8. Média da produtividade para as cinco cultivares e os dois manejos hídricos analisados.

Cultivares	Produtividade (t ha ⁻¹)		
	Irigada	Sequeiro	Incremento (%)
CTC4	106,80 Aa	91,11 Ba	17,22
IAC 93-3046	102,90 Aa	102,75 ABa	(1,46)
RB 86-7515	104,14 Aa	100,21 ABa	3,92
IAC 95-5000	117,86 Aa	84,41 Bb	39,63
IAC 91-1099	111,46 Aa	113,21 Aa	(1,55)
Média	108,63 a	98,34 b	10,46

*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.

Em relação à adubação, a redução de 37,5% da fertilização nitrogenada e potássica aplicada no sequeiro não diminuiu a produtividade das cultivares CTC 4, IAC 93-3046, RB 86-7515 e IAC 91-1099 sob irrigação suplementar. A cultivar IAC 95-5000, mesmo com a redução das doses de fertilizantes, apresentou maior rendimento quando irrigada. Esse fato deve-se às menores perdas por lixiviação (N e K), volatilização e desnitrificação do N-fertilizante quando diluído em água e aplicado via fertirrigação. A taxa de recuperação de fertilizantes nitrogenados aplicados de maneira convencional em cana-planta, referente à dose de 120 kg ha⁻¹, a mesma utilizada no presente estudo, é próxima a 20% (FRANCO et al., 2008). Já utilizando a mesma dose na fertirrigação, parceladas em diversas vezes durante o ciclo da cana-de-açúcar, a taxa de recuperação pode chegar a mais de 35%, um aumento de eficiência de 15% (NG KEE KWONG & DEVILLE, 1994). Sendo assim, a fertirrigação, de maneira direta sobre o aumento da eficiência de adubação, reduz a quantidade de fertilizantes necessários para a cana-de-açúcar.

O plantio de MPB aumenta a EUA para a cana-de-açúcar. Sob irrigação suplementar a média das cinco cultivares para EUA foi de 207,92 kg ha⁻¹mm⁻¹, já no sequeiro esse valor foi de 233,25 kg ha⁻¹mm⁻¹. Para cana-planta, plantada por meio de toletes, a média das cultivares na EUA foi de 70,1 kg ha⁻¹mm⁻¹ na condição de sequeiro e 140,3 kg ha⁻¹mm⁻¹ para a condição irrigada (OLIVEIRA et al., 2011). Dados semelhantes foram obtidos por Singh et al. (2007), em que obtiveram EUA de 71 kg ha⁻¹mm⁻¹ para cana-planta com plantio convencional e sem irrigação. Esse fato deve ser explicado com base no material que é levado a campo. O ganho no ciclo de até 110 dias por ocasião do plantio de MPB faz com que a água existente no solo seja imediatamente direcionada para o perfilhamento e crescimento dos colmos, diferentemente do encontrado no plantio de toletes, uma vez em que há a necessidade de grande umidade no solo para a brotação e emergência das plantas, possuindo baixo acúmulo de massa na parte aérea para o período inicial.

A qualidade tecnológica da cana-de-açúcar é mais influenciada por fatores climáticos do que propriamente o tamanho do ciclo utilizado. Fabris et al. (2014), encontraram valores de Brix próximos a 16° utilizando ciclo de 180 dias. No entanto, o plantio das cultivares foi realizado de maneira convencional, não existindo o ganho de ciclo como no caso do plantio por MPB. Também plantada de maneira convencional, com as parcelas colhidas aos 10 meses de ciclo (maio), Carvalho et al. (2010), observaram valores de 15% para o POL% caldo. Rodolfo Júnior et al. (2016), verificaram valores de POL % caldo, POL % cana e ATR (kg t⁻¹) para a cultivar RB 86-7515, colhida aos 12 meses, de 14,27%, 12,31% e 125,54 kg t⁻¹, respectivamente. Fato semelhante foi observado por Silva et al. (2014b), em que o corte da cana aos 12 meses resultou em valores de 13% e 12% para o POL % cana nas cultivares IAC 91-1099 e IAC 93-3046, respectivamente.

Dessa maneira, observa-se que as características tecnológicas da cana-de-açúcar são pouco influenciadas pelo ciclo, sendo viável tecnologicamente o corte da cana-planta aos 180 dias após o plantio quando se utiliza MPB, desde que exista alguma condição que favoreça o acúmulo de sacarose nos colmos no final do ciclo, seja por meio de baixas temperaturas e/ou déficit hídrico, como ocorreu no período experimental analisado. Esse fato é ainda mais pronunciado quando utiliza-se irrigação suplementar nas lavouras, pois segundo Moura et al. (2014), a cana fertirrigada concentra a sacarose nos colmos mais precocemente, podendo reduzir o ciclo final em até 15 dias.

CONCLUSÕES

Para produtividades iguais, a fertirrigação diminuiu o uso de fertilizantes nitrogenados e potássicos na cana-de-açúcar em 37,5%. Em cana-planta, o plantio de mudas pré-brotadas aumenta a EUA e viabiliza tecnicamente o corte das cultivares aos 180 DAP. A cultivar IAC 95-5000 apresenta maior produtividade e EUA em condições

irrigadas, indicando ser altamente responsiva a esse sistema de produção.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da bolsa de iniciação científica (Processo 2014/21433-5) ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- 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).
- ANDRADE, L.A. de B. Cultura da cana-de-açúcar. In: CARDOSO, M. das G. (Ed.). *Produção de aguardente de cana-de-açúcar*. 2.ed.rev. e amp. Lavras: UFLA, 2006. cap.1, p.25-67.
- 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.
- CARVALHO, M.V.; RODRIGUES, P.H.M.; LIMA, M.L.P.; ANJOS, I.A.; LANDELL, M.G.A.; SANTOS, M.V.; PRADA E SILVA, L.F. Composição bromatológica e digestibilidade de cana-de-açúcar colhida em duas épocas do ano. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*. São Paulo, v.47, n.4, p. 298-306, 2010.
- 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> Acesso em 28 nov. de 2016.
- 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, D.B.; ANDRADE, P.K.B.; SILVA, S.A.M.; SIMÕES NETO, D.E.; FREIRE, F.J.; OLIVEIRA, E.C.A. Adubação fosfatada em cana planta e soca em argissolos do Nordeste de diferentes texturas. *Revista Caatinga*, Mossoró, v.27, n.4, p. 47-56, out. – dez., 2014.
- 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.
- DEUBER, R. Maturação da cana-de-açúcar na região Sudeste do Brasil. In: *Seminário de tecnologia agrônômica*, 4., 1988, Piracicaba. Anais... Piracicaba: Copersucar, 1988. p. 33-40
- 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.
- FABRIS, L.B.; FOLONI, J.S.S.; SANTOS, D.H.; CALONEGO, J.C.; SILVA, P.C.G.; BRANCALIANO, S.R. Production and quality of forage cane based on variety, row spacing and time of harvest. 2014. *Global Advanced Research Journal of Agricultural Science* (ISSN: 2315-5094) v.3 pp. 16-23, January, 2014.
- FRANCO, H.C.J.; TRIVELIN, P.C.O.; FARONI, C.E.; VITTI, A.C.; OTTO, R. Aproveitamento pela cana-de-açúcar da adubação nitrogenada de plantio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 2008, vol.32, n.spe, pp.2763-2770.
- 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.
- GOMES, F.P. *Curso de estatística experimental*. 13.ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 468p.
- 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.
- KO, J.; PICCINNI, G. Corn yield responses under crop evapotranspiration-based irrigation management. *Agricultural Water Management*, v.96, p.799-808, 2009.
- LANDELL, M.G. de A.; CAMPANA, M.P.; FIGUEIREDO, P.; XAVIER, M.A.; ANJOS, I.A. dos; DINARDO-MIRANDA, L.L.; SCARPARI, M.S.; GARCIA, J.C.; BIDÓIA, M.A.P.; SILVA, D.N.; MENDONÇA, J.R. de; KANTHACK, R.A.D.; CAMPOS, M.F. de; PETRI, R.H. MIGUEL, P.E.M. *Sistema de multiplicação de cana- com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas*. Ed 2., Campinas, Instituto Agrônômico, 2013. 16p. (Boletim IAC, 109).
- LANDELL, M.G. XAVIER, M.A.; GARCIA, J.C.; PRADO, H.; AZANIA, C.A.M.; SCARPARI, M.S.; MIRANDA, L.L.D; ANJOS, I.A.; SILVA, D.N.; BRANCALIANO, S.R. *Cana-de-açúcar*. In: Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. AGUIAR, A. T. E; GONÇALVES, C.; PATERNIANI, M.E.A.G.; TUCCI,

- ML.S.; CASTRO, C.E.F. (Eds.). Ed 7., Campinas, Instituto Agrônomo, 2014. p.106-113. (Boletim IAC, 200).
- 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.
- MOURA, L.C.; SILVA, N.F.; CUNHA, F.N.; BASTOS, J.C.; CÉLIA, J.A.; TEIXEIRA, M.B. Índice de maturação da cana-de-açúcar fertirrigada sobre diferentes lâminas. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*. Fortaleza, CE, v.8, n.1, p. 64-76, 2014.
- NASSIF, D.S.P.; MARIN, F.R.; COSTA, L.G. *Padrões mínimos para coleta de dados experimentais para estudos sobre crescimento e desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar*. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2013, 28 p. (Documentos, 127).
- NG KEE KWONG, K.F.; DEVILLE, J. The course of fertilizer nitrogen uptake by rainfed sugarcane in Mauritius. *Journal of Agricultural Science*, v.122, p.385-391, 1994.
- OLIVEIRA, E.C.A.; FREIRE, F.J.; OLIVEIRA, A.C.; SIMÕES NETO, D.E.; ROCHA, A.T.; CARVALHO, L.A. Produtividade, eficiência de uso da água e qualidade tecnológica de cana-de-açúcar submetida a diferentes regimes hídricos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.46, n.6, p.617-625, jun.2011.
- PRADO, H. do; PÁUDA-JUNIOR, A.L.; GARCIA, J.C.; MORAES, J.F.L. de; CARVALHO, J.P. DE; DONZELI, P.L. Solos e ambiente de produção. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G. de A. (Ed.). *Cana-de-açúcar*. Campinas: IAC, 2010. p. 179-205.
- RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. *Boletim Técnico do Instituto Agrônomo*, Campinas, 2.ed., n.100, 285p. 1997.
- RIBEIRO, P.C.M. *Análise de covariância intrablocos de delineamentos em blocos incompletos parcialmente balanceados com duas classes de associados e p variáveis auxiliares*. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agropecuária)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.
- RIBOLDI, J.; CAMPOS, H.; IEMMA, A. F. A decomposição da soma de quadrados de tratamentos nos delineamentos em blocos incompletos parcialmente balanceados In: *Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística*, 8., 1988, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, 1988. p. 202-207.
- RODOLFO JÚNIOR, F.; RIBEIRO JÚNIOR, W.Q.; RAMOS, M. L. G.; ROCHA, O.C.; BATISTA, L.M.T.; SILVA, F.A.M. Produtividade e qualidade de variedades de cana-de-açúcar de terceira soca sob regime hídrico variável. *Nativa*. Sinop, v.4, n.1, p. 36-43, jan/fev. 2016.
- SCARDUA, R.; ROSENFELD, U. Irrigação da cana-de-açúcar. In: *Cana-de-açúcar: cultivo e utilização*. Campinas: Fundação Cargill, v.1, p.373-431, 1987.
- SILVA, T.G.F.; MOURA, M.S.B.; ZOLNIER, S.; SOARES, J.M.; VIEIRA, V.J.S.; F. JÚNIOR, W.G. Requerimento hídrico e coeficiente de cultura da cana-de-açúcar irrigada no semiárido brasileiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, PB. v.16, n.1, p.64-71, 2012.
- 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, 2014a.
- SILVA, A.L.B.O. *Produção e eficiência no uso da água de quatro cultivares de cana-de-açúcar irrigadas por gotejamento subsuperficial em campinas, SP*. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, 2014b.
- 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.