

EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA DE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR SOB IRRIGAÇÃO SUBSUPERFICIAL

JOÃO A. FISCHER FILHO¹, THIAGO H. CAVICHIOLI², YANE F. DA SILVA³, MIQUÉIAS G. DOS SANTOS⁴, ALEXANDRE B. DALRI⁵

¹ Eng. Agrônomo, Mestre e Doutorando em Agronomia, Professor Assistente, Instituto Municipal de Ensino Superior de Bebedouro - IMESB, Fone: (19) 98292-8964, joaofischer16@gmail.com

² Graduando em Engenharia Agrônômica, FCAV/UNESP, Jaboticabal - SP

³ Eng. Agrônoma, Doutoranda em Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas - SP

⁴ Eng. Agrônomo, Doutorando em Agronomia/Ciência do Solo, FCAV/UNESP, Jaboticabal - SP

⁵ Eng. Agrícola, Prof. Assistente Doutor, Depto. Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal - SP

Apresentado no
XLVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2018
06, 07 e 08 de agosto de 2018 - Brasília - DF, Brasil

RESUMO: A cana-de-açúcar é produzida por muitos países em uma ampla gama de ambientes, sendo a água o fator mais limitante para a produção da cultura. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de lâminas de irrigação, via gotejamento subsuperficial, na produção e eficiência do uso da água (EUA) de cinco variedades em terceiro ciclo. O delineamento experimental foi o de blocos incompletos balanceados, com 12 blocos e dois fatores: variedades e lâminas de irrigação (sequeiro, deficitária e suplementar). O manejo da irrigação foi realizado via clima, aplicando lâminas de 100% da evapotranspiração da cultura para o tratamento suplementar e 50% para o deficitário. A variedade IAC1099, regime suplementar, destacou-se com maior produtividade de colmos, igual a 157,02 t ha⁻¹, a variedade IAC3046 no regime sequeiro a menor, com 95,90 t ha⁻¹, e a CTC4 foi a única que não apresentou diferenças estatísticas significativas em relação aos regimes hídricos. A EUA foi superior no regime sequeiro para as variedades CTC4 e RB7515 sendo essas consideradas tolerantes ao déficit hídrico. A irrigação deficitária proporcionou ganhos na produtividade semelhantes a irrigação suplementar. E as variedades IAC1099 e IAC3046 se destacaram positivamente, podendo ser recomendadas para plantios em áreas irrigadas por gotejamento subsuperficial.

PALAVRAS-CHAVE: lâminas de irrigação, produtividade, *Saccharum* spp.

EFFICIENCY OF WATER USE OF SUGARCANE VARIETIES UNDER SUBSURFACE IRRIGATION

ABSTRACT: Sugarcane is produced by many countries in a wide range of environments, with water being the most limiting factor for crop production. This study aimed to evaluate the effect of irrigation depths, under subsurface drip, on the production and water use efficiency (WUE) of five varieties in the third cycle. The experimental design was the incomplete balanced blocks, with 12 blocks and 2 factors: varieties and irrigation depths (dry, deficit and supplementary). Irrigation management was carried out using climate, applying depths of 100% of the crop evapotranspiration for the supplementary treatment and 50% for the deficit. The variety IAC1099, supplementary regimen, showed higher yield of stems, equal to 157.02 t ha⁻¹, the variety IAC3046 in the lowest dry regime, with 95.90 t ha⁻¹, and CTC4 was the only which did not present significant statistical differences in relation to water regimes. The WUE was higher in the dry regime for the CTC4 and RB7515 varieties, which

were considered tolerant to the water deficit. Deficit irrigation provided productivity gains similar to supplemental irrigation. And varieties IAC1099 and IAC3046 stand out positively and can be recommended for plantations in areas under subsurface drip irrigation.

KEYWORDS: irrigation depths, productivity, *Saccharum* spp.

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) destaca-se como uma das principais culturas agrícolas produzidas no mundo, principalmente em regiões tropicais e subtropicais, em razão da sua importância na produção de sacarose, etanol e energia. O Brasil é o principal produtor mundial da cultura, com 657,2 milhões de toneladas de cana-de-açúcar processadas em 9,0 milhões de hectares na safra de 2016/17 (CONAB, 2017). Entretanto, a produtividade de 72,6 toneladas por hectare é considerada baixa, em razão da distribuição irregular de chuva ao longo do ano, da não adoção de tecnologia e, muitas vezes, de manejos culturais incorretos.

Em muitas regiões produtoras de cana-de-açúcar as chuvas não atendem à demanda hídrica da cultura. Em vista disso a água torna-se limitante para a produção (INMAN-BAMBER e SMITH, 2005), por desempenhar papel fundamental nos processos bioquímicos e metabólicos das plantas (TAIZ e ZEIGER, 2013). A irrigação é uma das alternativas para diminuir os efeitos do déficit hídrico, contudo em algumas situações, tornar-se inviável devido a custos elevados de implantação e de manutenção ou pela escassez de recursos hídricos próximos à área cultivada. Sendo assim, há necessidade de seleção de variedades de cana-de-açúcar tolerantes ao déficit hídrico, que utilizem menor quantidade de água para manter ou aumentar sua produtividade (HOLANDA et al., 2014).

Deng et al. (2015) enfatizam que o setor agrícola possui a menor eficiência de uso da água (EUA). Assim, a procura de alternativas para reduzir a quantidade de água usada nas culturas agrícolas é de crescente importância. O manejo varietal torna-se indispensável, especialmente em cultivos irrigados, pois existem variedades que apresentam maior potencial de produção quando são irrigadas, e outras são adaptadas a ambientes com restrição hídrica (SILVA et al., 2013). Assim, devem ser utilizados índices para identificar variedades mais tolerantes, como de eficiência no uso da água (KO e PICCINI, 2009) e o conteúdo virtual de água (Bessembinder et al., 2005). De acordo com Olivier e Singels et al. (2015), a EUA é influenciada pelo cultivar, enfatizando a importância da escolha correta, uma vez que o genótipo leva à utilização mais eficiente da água e à maior produtividade.

Partindo da hipótese que o consumo de água pelas plantas difere entre culturas, variedades, regiões, condições ambientais e climáticas, umidade do solo e entre sistemas irrigados ou não irrigados (LIU et al., 2007; FADER et al., 2010; SILVA et al., 2013), o uso de índices de eficiência no uso da água é essencial para definir variedades responsivas para os diversos manejos culturais.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de lâminas de irrigação (0, 50 e 100% da evapotranspiração da cultura (ET_c), via gotejamento subsuperficial, na produção e eficiência do uso da água de cinco variedades de cana-de-açúcar em terceiro ciclo de cultivo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área experimental no norte do Estado de São Paulo, Brasil, com coordenadas geográficas: 21°14'50'' S e 48°17'05'' W, a 570 m acima do nível do mar. O clima predominante é Aw, de acordo com a classificação de Köppen; caracterizado como subtropical com chuvas de verão, inverno relativamente seco, com precipitação pluvial média de 1425 mm por ano, com uma média de 255,2 mm para o mês mais chuvoso (dezembro) e de 25,3 mm para o mês mais seco (julho), e as temperaturas do ar média anual de 22,2 °C, máxima e mínima média anual de 28,9 °C e 16,8 °C, respectivamente.

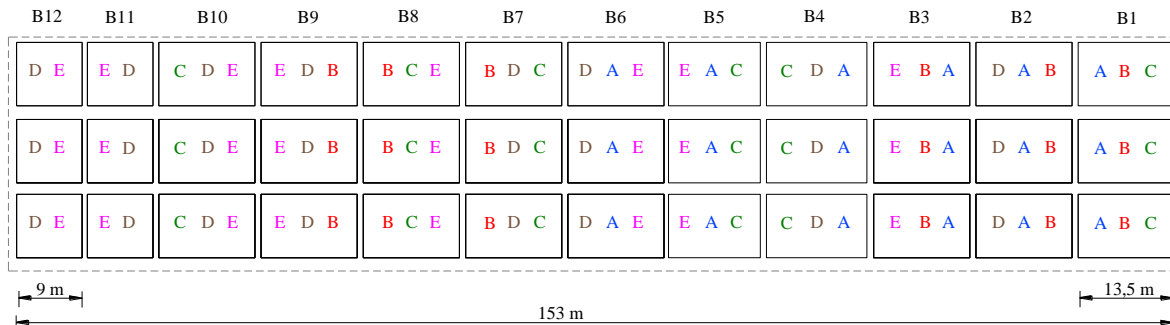
O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho eutroférrico, textura argilosa (220 g kg⁻¹ de areia, 580 g kg⁻¹ de argila, 200 g kg⁻¹ de silte) e densidade de 1,29 g cm⁻³ na profundidade de 0 a 30 cm, com base em amostragem de solo em todo o campo experimental.

A análise química do solo foi realizada após o segundo corte da cultura, na camada de 0 a 20 cm, apresentando: pH igual a 5,0; matéria orgânica igual a 25 g dm⁻³; P = 35 mg dm⁻³; S = 30 mg dm⁻³; H+Al = 31 mmol_c dm⁻³; Al = 0 mmol_c dm⁻³; K = 2,9 mmol_c dm⁻³; Ca = 30 mmol_c dm⁻³; Mg = 9 mmol_c dm⁻³; B = 0,25 mg dm⁻³; Cu = 3,5 mg dm⁻³; Fe = 12 mg dm⁻³; Mn = 19,7 mg dm⁻³; Zn = 1,6 mg dm⁻³; SB = 42,0 mmol_c dm⁻³; CTC = 73,2 mmol_c dm⁻³; V (%) = 57%. A adubação mineral foi realizada de acordo com Spironello et al. (1997) em função da análise química, sendo parcelada em oito vezes para os tratamentos irrigados, via fertirrigação, e em duas para o tratamento sequeiro, aplicadas de forma manual.

O plantio da cultura ocorreu em 2014, utilizando mudas pré-brotadas com espaçamentos de 0,5 m entre plantas e 1,5 m entre linhas. As variedades de cana-de-açúcar utilizadas foram: A (CTC 4), B (IACSP93-3046), C (RB86-7515), D (IACSP95-5000) e E (IAC91-1099), as quais sobressaem-se como algumas das variedades mais cultivadas no País.

Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos incompletos balanceados (BIB), com três variedades por parcela. O experimento constituiu de dois fatores: irrigação (sequeiro, deficitária e suplementar, que correspondem a 0, 50 e 100% da ET_c) e cinco variedades, com 12 blocos. As parcelas experimentais foram compostas por quatro linhas de cana-de-açúcar com 4,5 metros de comprimento, com três ou duas parcelas por bloco. O fator irrigação foi alocado nas parcelas e as variedades nas subparcelas (Figura 1).



*A (CTC 4), B (IACSP93-3046), C (RB86-7515), D (IACSP95-5000) e E (IAC91-1099)

FIGURA 1. Esquema da área experimental.

Sistema de irrigação e aplicação dos tratamentos

O gotejador utilizado no experimento apresenta vazão de 1,30 L h⁻¹, caracterizado por Fischer Filho (2015), com espaçamento entre os emissores igual a 0,30 m e diâmetro do tubo de 16 mm. Durante o preparo da área, antes do plantio, os tubos emissores foram enterrados a 0,30 m de profundidade sob a linha de plantio.

A aplicação dos tratamentos irrigados teve início após o segundo corte da cultura realizado em 16 de maio de 2016. Destaca-se que a chuva ocorrida logo após a colheita foi suficiente para o solo atingir a capacidade de campo e, a partir deste momento iniciou-se o manejo hídrico da cultura.

O manejo da irrigação foi realizado via clima, com dados climáticos e de precipitação obtidos diariamente na estação agroclimatológica automatizada próxima a área. A evapotranspiração de referência (ET_o) foi estimada diariamente pela equação de Penman-

Monteith (ALLEN et al., 1998) e a ET_c foi estimada pelo produto da ET_o e os coeficientes de cultura (k_c), de acordo com Doorenbos e Kassam (2000).

A irrigação foi interrompida 45 dias antes da colheita visando o acúmulo de sacarose nos colmos e o aumento da produtividade de açúcar, prática conhecida como "dry-off" (INMAN-BAMBER, 2004).

A irrigação foi realizada sempre que ocorreu um déficit hídrico acumulado da cultura de 20 mm, ou seja, quando o somatório da ET_c menos a precipitação total foi maior que 20 mm, como demonstrado na Equação 1, sendo que para o tratamento com irrigação deficitária era aplicado metade da lâmina em relação a irrigação suplementar.

$$\sum_{i=1}^n (ET_{c_i} - P_i) \geq 20 \text{ mm} \quad (1)$$

em que:

ET_{c_i} = evapotranspiração da cultura no i-ésimo dia, mm, e

P_i = precipitação total no i-ésimo dia, mm.

Parâmetros avaliados

Durante a colheita, realizada aos 412 dias após o corte (DAC), com 14 meses, foram cortadas e pesadas as plantas contidas em dois metros de linha de cada unidade experimental e foi estimada a sua produtividade em $t \text{ ha}^{-1}$.

Para a identificação de variedades mais tolerantes ao déficit hídrico, foi utilizado o índice de eficiência do uso da água (EUA), que pode ser definido como a relação entre a produtividade de cana produzida por unidade e o uso total de água da cultura, e foi calculado para cada tratamento usando expressão semelhante à proposta por Lu et al. (2000), Equação 2.

$$EUA = Y_r / A_t \quad (2)$$

em que:

EUA - eficiência total de uso da água, $t \text{ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$;

Y_r - produtividade da cultura, $t \text{ ha}^{-1}$;

A_t - total de água recebida pela cultura (irrigação e precipitação), mm.

Análises estatística

Foi realizada a análise de variância para todos parâmetros de resposta avaliados e o teste t quando ocorreu diferença estatística ($P < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre as médias das produtividades de colmos da cana e de açúcar em relação aos regimes hídricos e as variedades, de forma isolada (Tabela 1).

TABELA 1. Valores médios das produtividades de colmos.

Variedades	Produtividade de colmos ($t \text{ ha}^{-1}$)		
	Sequeiro	Deficitária	Suplementar
CTC4	112,40 aAB	128,72 aA	122,46 aB
IAC1099	121,11 bA	147,83 aA	157,02 aA
IAC3046	95,90 bB	126,96 aA	145,34 aAB
IAC5000	105,10 bAB	132,09 aA	131,45 aB
RB7515	111,57 bAB	132,41 aA	132,40 aB

*médias seguidas de uma mesma letra minúscula na linha, e maiúscula na colina, não diferem estatisticamente pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade.

Apenas a CTC4 não apresentou diferenças estatísticas significativas em relação aos regimes hídricos, ou seja, a água não foi fator determinante para o aumento produtivo da

variedade. As demais variedades diferiram estatisticamente, com os tratamentos sequeiros sendo inferiores aos tratamentos deficitários e suplementares, os quais se igualaram. Assim, pode-se inferir que períodos prolongados com baixa disponibilidade hídrica afetam negativamente a qualidade tecnológica da cultura e a produtividade de colmos e de açúcar (INMAN-BAMBER e SMITH, 2005).

Por ser uma planta de metabolismo C_4 a cana-de-açúcar apresenta maior eficiência no uso da água em comparação às plantas de metabolismo C_3 (TAIZ e ZEIGER, 2013). Logo, a lâmina de água de 320,0 mm (aplicada no regime deficitário) foi suficiente para as variedades apresentarem desempenho semelhante aos tratamentos com 640 mm de irrigação suplementar sem déficit hídrico. Em vista disso, a aplicação por irrigação de menores quantidades de água proporcionou à cultura produtividades semelhantes a aplicação de maiores lâminas de irrigação.

A variedade IAC1099 destacou-se das demais, com produtividade de colmos de 157,02 t ha⁻¹ e 147,83 t ha⁻¹, respectivamente, para os regimes suplementar e deficitário, que não diferiram e foram superiores às demais variedades para seus respectivos regimes hídricos; já no sequeiro, apesar de ser inferior aos outros regimes, a IAC1099 foi mais produtiva em comparação às demais variedades, com 121,11 t ha⁻¹.

Diferenças de produção entre regimes hídricos e entre variedades também foram encontrados por Costa et al. (2016), os quais avaliando a lâmina de irrigação que promovia maior produtividade de duas variedades de cana-de-açúcar, observaram que para a variedade RB855453 a produtividade máxima de colmos (189 t ha⁻¹) foi alcançada com fornecimento de 75% da ETc; já para a variedade RB96-5902 a produtividade máxima (173 t ha⁻¹) foi obtido com lâmina equivalente a 150% da ETc. Bastos et al. (2015) avaliando a aplicação de nitrogênio e de irrigação na produtividade da cana-de-açúcar, observaram que ocorreu incremento de 90,61 t ha⁻¹ na produtividade de colmos do tratamento de sequeiro para o de irrigação 100%.

Eficiência do uso da água

A irrigação deficitária proporcionou maiores valores de EUA para as variedades IAC1099, IAC 3046 e IAC5000, e o regime sequeiro para as variedades CTC4 e RB7515, sendo estas últimas consideradas como tolerantes ao déficit hídrico (Tabela 3)

TABELA 2. Eficiências do uso da água em função das variedades e dos regimes hídricos.

Variedades	EUA ^a (t ha ⁻¹ mm ⁻¹)		
	Sequeiro	Deficitária	Suplementar
CTC4	0,075	0,071	0,057
IAC1099	0,081	0,081	0,073
IAC3046	0,064	0,070	0,068
IAC5000	0,070	0,073	0,061
RB7515	0,074	0,072	0,062
Água total (mm)	1497,9	1832,4	2166,9

^a EUA - eficiência de uso da água (chuva ou chuva mais irrigação).

Observa-se que a maior aplicação de água não necessariamente apontou para maior produtividade. De acordo com Tolk e Howell (2003), a EUA diminui com o aumento da aplicação de irrigação e Azevedo et al. (2006) apontaram que a aplicação de um alto volume de água de irrigação não resulta em alta produtividade. Tal situação pode ocorrer, pois, a EUA é influenciada por diferentes aspectos, tais como a morfologia da cultura, as condições do solo, as práticas agrícolas e as variáveis atmosféricas (HATFIELD et al., 2001).

Resultados semelhantes foram identificados por Alamilla-Maganã et al. (2016) que observaram maiores valores de EUA quando existia maior tensão de umidade do solo, ou seja, aplicação de menores lâminas de irrigação, porém a produtividade da cultura foi geralmente superior para uma tensão de água no solo inferior. Silva et al. (2013) encontraram valores de EUA iguais a 0,083 e 0,073 t ha⁻¹ mm⁻¹ respectivamente, para irrigações com 100 e 50% da evapotranspiração da cultura. Por fim, Basnayake et al. (2012) relatam que, em vários experimentos em campo, as interações entre genótipos de cana e ambientes (água) são surpreendentemente pequenas em vários experimentos de campo, apesar dos grandes impactos que o estresse hídrico provoca sobre as produtividades médias da cultura.

Para o uso eficiente da água pela cana-de-açúcar, é fundamental identificar a quantidade de água ideal responsável pelas máximas produções (WIEDENFELD e ENCISO, 2008). Assim, avaliando os valores de EUA (Tabela 2) é possível destacar que a irrigação deficitária proporciona maiores eficiências com a mesma quantidade de água para todas as variedades estudadas. Com destaque para a variedade IAC1099 que apresentou 0,012 t ha⁻¹ mm⁻¹, a mais no regime deficitário em comparação ao suplementar. Dessa forma, constatou-se que a aplicação de 50% da ETc é suficiente para que as variedades de cana-de-açúcar expressem melhor o seu potencial produtivo.

CONCLUSÕES

A irrigação deficitária proporciona ganhos médios na produtividade de colmo e de açúcar semelhantes a irrigação suplementar, conseqüentemente, apresenta maior eficiência de uso da água.

A variedade de cana-de-açúcar RB7515 não é responsiva à irrigação, por não apresentar, em comparação ao cultivo de sequeiro, alterações em suas produtividades de colmos.

As variedades IAC1099 e IAC3046 se destacam quanto à produtividade de colmos e à eficiência de uso da água de irrigação, podendo ser recomendadas para plantios em áreas irrigadas por gotejamento subsuperficial.

REFERÊNCIAS

ALAMILLA-MAGAÑA; J. C.; CARRILLO-ÁVILA; E.; OBRADOR-OLÁN; J. J.; LANDEROS-SÁNCHEZ; C.; VERA-LOPEZ; J.; JUÁREZ-LÓPEZ; J. F. Soil moisture tension effect on sugar cane growth and yield. **Agricultural Water Management**, v. 177, p. 264-273, 2016.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. In: **FAO Irrigation Drainage Paper No. 56**. FAO: Rome, 1998.

AZEVEDO, P. V.; SOUSA, I. F.; SILVA, B. B.; SILVA, V. P. R. Water-use efficiency of dwarf-green coconut (*Cocos nucifera* L.) orchards in northeast Brazil. **Agricultural Water Management**, v. 84, p. 259–264, 2006.

BASNAYAKE, J.; JACKSON, P. A.; INMAN-BAMBER, N. G.; LAKSHMANAN, P. Sugarcane for water-limited environments: genetic variation in cane yield and sugar content in response to water stress. **J. Exp. Bot.**, v. 63, p. 6023–6033, 2012.

BASTOS, A. V. S.; DE OLIVEIRA, R. C.; DA SILVA, N. F.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; DA SILVA, E. C. Productivity and dry matter accumulation of sugarcane crop under

irrigation and nitrogen application at Rio Verde GO, Brazil. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, p. 2374-2384, 2015.

BESSEMBINDER, J. J. E.; LEFFELAAR, P. A.; CHINDWAL, A. S.; PONSIOEN, T. C. Which crop and which drop, and the scope for improvement of water productivity. **Agricultural Water Management**, v. 73, p. 113–130, 2005.

Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. **Séries históricas: cana-de-açúcar**. Disponível em: <<http://conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=>>. Acesso em: 15 set. 2017.

COSTA, C. T. S.; SAAD, J. C. C.; SILVA JÚNIOR, H. M. Growth and productivity of sugarcane varieties under various irrigation levels. **Revista Caatinga**, v. 29, p. 945-955, 2016.

DENG, G.; WANG, L.; SONG, Y. Effect of variation of water - Use efficiency on structure of virtual water trade - analysis based on input-Output model. **Water Resour. Manag.**, v. 29, p. 2947–2965, 2015;

DOORENBOS, J., KASSAM, A. H. Efeito da água no rendimento das culturas (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33), Campina Grande, 2000. 306p.

FADER, M.; ROST, S.; MÜLLER, C.; BONDEAU, A.; GERTEN, D. Virtual water content of temperate cereals and maize: present and potential future patterns. **J. Hydrol.**, v. 384, p. 218–231, 2010.

FISCHER FILHO, J. A. Desempenho de gotejadores usando efluente de esgoto tratado para irrigação. 2015. 46f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

HATFIELD, J. L.; SAUER, T. J.; PRUEGER, J. H. Managing soils to achieve greater water use efficiency: a review. **Agronomy J.**, v. 93, p. 271–280, 2001.

HOLANDA, L. A.; SANTOS, C. M.; NETO, G. D. S.; PÁDUA SOUSA, A.; ALMEIDA SILVA, M. Variáveis morfológicas da cana-de-açúcar em função do regime hídrico durante o desenvolvimento inicial. **Irriga**, v. 19, p. 573-584, 2014.

INMAN-BAMBER, N. G. Sugarcane water stress criteria for irrigation and drying off. **Field Crops Res.**, v. 89, p. 107-122, 2004.

INMAN-BAMBER, N. G.; SMITH, D. M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Res.**, 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.

LIU, J. G.; WILLIAMS, J. R.; ZEHNDER, A. J. B.; YANG, H. GEPIC-modelling wheat yield and crop water productivity with high resolution on global scale. **Agricultural Systems**, v. 94, p. 478–493, 2007.

LU, J.; OOKAWA, T.; HIRASAWA, T. The effects of irrigation regimes on the water use, dry matter production and physiological responses of paddy rice. **Plant and Soil**, v. 223, p. 207–216, 2000.

OLIVIER, F. C.; SINGELS, A. Increasing water use efficiency of irrigated sugarcane production in South Africa through better agronomic practices. **Field Crops Res.**, v. 176, p. 87-98, 2015.

SILVA, V. D. P.; SILVA, B .B.; ALBUQUERQUE, W. G.; BORGES, C. J.; SOUSA, I. F.; NETO, J. D. Crop coefficient, water requirements, yield and water use efficiency of sugarcane growth in Brazil. **Agricultural Water Management**, v. 128, p. 102-109, 2013.

SPIRONELLO, A.; RAIJ, B.; PENATTI, C. P.; CANTARELLA, H.; MORELLI, J. L; ORLANDO FILHO, J.; LANDELL, M. G. A.; ROSSETTO, R. Cana-de-açúcar. In: **Boletim Técnico 100**. IAC: Campinas, Brasil. 1997.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**, 5th ed. Sinauer Associates: Massachusetts. 2013. 782p.

TOLK, J. A.; HOWELL, T. A. Water use efficiencies of grain sorghum grown in three USA southern Great Plains soils. **Agricultural Water Management**, v. 59, p. 97–111, 2003.

WIEDENFELD, B.; ENCISO, J. Sugarcane responses to irrigation and nitrogen in semiarid south Texas. **Agronomy Journal**, v. 100, p. 665-671, 2008.