

LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO EM CANA-DE-AÇÚCAR PARA DIFERENTES CONDIÇÕES DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA

GUSTAVO HADDAD SOUZA VIEIRA¹; EVERARDO CHARTUNI MANTOVANI²; GILBERTO CHOHAKU SEDIYAMA² E PAOLA ALFONSA VIEIRA LO MONACO¹

¹IFES *campus* Santa Teresa, Rod. ES 080, km 93, 29.660-000, São João de Petrópolis, Santa Teresa, Espírito Santo, Brasil, e-mail: ghsvieira@gmail.com, paolalomonaco2004@yahoo.com.br

²Departamento de Engenharia Agrícola, UFV, *campus* Universitário S/N, 36571-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil, e-mail: everardo@ufv.br, g.sediyama@ufv.br

1 RESUMO

Desenvolveu-se o presente trabalho com o objetivo de avaliar a variação da lâmina de irrigação em cana-de-açúcar em condições de irrigação suplementar, utilizando quatro fatores de disponibilidade hídrica do solo (fator f) no manejo da irrigação, bem como seus efeitos na produtividade, maturação, acúmulo de açúcares e área foliar. O experimento foi instalado em uma área irrigada por pivô central, com cana-de-açúcar no quarto ciclo. Para se avaliar a evapotranspiração da cultura, em função do fator f, dividiu-se a área irrigada em quatro quadrantes, com a decisão de irrigação diferenciada para os tratamentos, que corresponderam aos fatores f de 0,3; 0,5; 0,7 e 0,9. Determinou-se o Brix, o índice de maturação, o índice de área foliar, a produtividade de colmos e os açúcares totais recuperáveis (ATR). Os valores obtidos foram submetidos a análises de variância e elaboradas regressões. Diante dos resultados obtidos, foi possível concluir que: ao se irrigar a cana com f 0,7, houve 17% de redução da evapotranspiração, se comparado ao f 0,5; não se recomenda irrigar a cultura com f 0,3, visto que se aumenta o consumo de água em 20% se comparado ao f 0,5 e não se obtém aumento da produtividade de colmos e de açúcares; adotando-se f entre 0,5 e 0,7, pode-se atingir produtividades satisfatórias de colmos e açúcares.

PALAVRAS-CHAVE: *Saccharum sp.*, evapotranspiração, fator f.

**VIEIRA, G.H.S.; MANTOVANI, E.C.; SEDIYAMA, G.C.; LO MONACO, P.A.V.
SUGARCANE IRRIGATION DEPTH UNDER VARIOUS CONDITIONS OF SOIL
WATER AVAILABILITIES**

2 ABSTRACT

This study was carried out aiming to evaluate the variation of sugarcane irrigation depth under supplementary irrigation conditions, using four factors of soil water availability (f factor) in the irrigation, as well their effects on yield, maturation, sugar accumulation and leaf area. The experiment was took place in an area irrigated by center pivot with sugarcane in the fourth cycle. To evaluate the evapotranspiration reduction, depending on the factor of soil water availability (f factor), the irrigated area was divided into four quadrants. The treatments were the factors of soil water availability of 0.3, 0.5, 0.7 and 0.9. It was determined the Brix, the maturation index, the leaf area index, sugarcane yield and total recoverable sugars (ATR). The

obtained values were subjected to analysis of variance and regressions. Based on the results, it was concluded that: irrigating sugarcane with f 0.7, we obtained a 17% reduction on crop evapotranspiration, compared to f 0.5; it is not recommended irrigating the crop with f 0.3, since it increased the water consumption by 20% compared to f 0.5 and did not increase the sugar content and stalk yield; adopting f between 0.5 and 0.7 in the irrigation, a satisfactory yield and sugar content was achieved.

Keywords: *Saccharum sp.*, evapotranspiration, f factor.

3 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma das mais viáveis alternativas para a produção de biocombustíveis e energias renováveis no mundo. A cultura é responsável pela produção de 78% do açúcar mundial, além de contribuir com a cogeração de energia elétrica (ENDRES et al., 2010; SHRIVASTAVA et al., 2011).

De acordo com Inman-Bamber e Smith (2005), uma precipitação pluvial anual a partir de 1.000 mm, bem distribuída, é suficiente para a obtenção de altas produtividades na cana-de-açúcar. Isso implica que o manejo de água seja realizado com suprimentos adequados no crescimento vegetativo e alguma restrição no período de maturação, para forçar o enriquecimento de sacarose.

De acordo com Carr e Knox (2011), novas formas de se manejar a irrigação têm sido desenvolvidas e propostas, mas poucos resultados têm sido aplicados. O manejo de água adequado e estratégico pode ser feito utilizando-se a eficiência de uso da água (FARIAS et al., 2008) para ajustar o planejamento e a tomada de decisão da irrigação, aumentando-se a produtividade da cultura (KARATAS et al., 2009; MANTOVANI et al., 2012).

Para aplicar a lâmina de irrigação adequada, o agricultor precisa conhecer a demanda hídrica da cultura que permita a obtenção de produtividades satisfatórias (KISI, 2010), sendo necessária a estimativa precisa da evapotranspiração para o manejo eficiente da irrigação (TRAJKOVIC; KOLAKOVIC, 2009).

Para se manejar adequadamente a irrigação das culturas, é necessário que se estabeleça limites mínimos de armazenamento de água no solo, de modo que este forneça água às plantas satisfatoriamente. Para isso utiliza-se o fator f (MANTOVANI et al., 2009), que é um fator de segurança e tem sua proporção definida segundo o valor econômico e a sensibilidade da cultura ao déficit hídrico. Um fator f de 0,4 significa que as plantas podem consumir até 40% de toda água disponível no solo (BERNARDO et al., 2008), sem que haja redução significativa da produtividade.

Os valores de f para a cultura da cana-de-açúcar encontrados na literatura variam de 0,50 a 0,70. Mantovani et al. (2009) recomendam o valor de 0,50 de modo a propiciar um menor esgotamento de água no solo, diminuindo o estresse hídrico da cultura. Allen et al. (1998) e Oliveira et al. (2010) citam o valor intermediário de 0,65 e Bernardo et al. (2006) indicam o valor de 0,70.

Diante do exposto, desenvolveu-se este trabalho com o objetivo de avaliar a variação da lâmina de irrigação em cana-de-açúcar, em condição de irrigação suplementar, utilizando quatro fatores de disponibilidade hídrica do solo (fator f) no manejo da irrigação, bem como seus efeitos na produtividade, maturação, acúmulo de açúcares e área foliar.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no município de Jaíba - MG, com altitude de 478 m, em uma área irrigada, com cana-de-açúcar (*Saccharum sp.*) cultivar RB 86-7515, no quarto ciclo (terceira soqueira). O clima da região, pela classificação de Köppen, é do tipo Bw, ou seja, clima quente e seco, com estação chuvosa no verão. O relevo da área experimental é plano, com menos de 3% de declividade. O solo da área experimental foi classificado como franco-arenoso com até 80 % de areia, de classe textural Neossolo Quartzarênico, com valores de umidade na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente iguais a 7,05% e 3,25%, respectivamente, densidade igual a 1,6 g cm⁻³, e teores de argila, areia e silte iguais a 12, 83 e 5%, respectivamente.

O equipamento de irrigação utilizado foi um sistema de aspersão do tipo pivô central que, operando em 100%, aplicava uma lâmina de 3,92 mm por volta, irrigando uma área de aproximadamente 57 ha. O equipamento apresentou Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) de 89%, em avaliação feita no início do experimento. A água de irrigação era captada nos canais do Distrito de Irrigação de Jaíba (DIJ), oriunda do Rio São Francisco.

O manejo da irrigação foi realizado com auxílio do aplicativo Irriger® versão 3.0, com o qual se estimou a demanda hídrica da cana-de-açúcar, para cada tratamento, utilizando-se coeficientes de ajuste (cultura “kc”, localização “kl” e do solo “ks”) sobre a evapotranspiração de referência (ET_o). As lâminas brutas de irrigação foram calculadas por meio de um balanço hídrico, em que as entradas de água foram a irrigação e precipitação pluvial efetiva e as saídas, a evapotranspiração da cultura (ET_c) e percolação além da profundidade considerada para o sistema radicular.

A ET_o foi estimada utilizando o aplicativo Irriger®, a partir dos elementos meteorológicos disponíveis (radiação solar, temperatura do ar, velocidade do vento e umidade relativa do ar), por meio do modelo de Penman-Monteith-FAO (ALLEN et al., 1998). Os dados meteorológicos utilizados para a realização do experimento foram obtidos na estação meteorológica automática (Davis Vantage PRO) instalada na área experimental.

As características da cultura cadastradas no aplicativo, utilizadas para o manejo da irrigação, são apresentadas na Tabela 1. Os valores de K_c foram considerados iguais para todos os tratamentos e, durante as fases em que não era constante, foi interpolado pelo aplicativo, para cada dia. A duração de cada fase foi predeterminada, baseando-se nas observações da cultura, cultivada previamente nas proximidades.

Tabela 1. Características da cultura.

Ciclo	Fase	Cultura				
		Duração	¹ K _c	² Z	Área Sombreada	³ f
		(dias)		(m)	(%)	
Soca 3	Brotação	20	0,40	0,3	15	⁴ V
Soca 3	Perfilhamento	80	variável	0,5	50	⁴ V
Soca 3	Desenvolvimento	240	1,25	0,5	100	⁴ V
Soca 3	Maturação	27	⁵ 0,80	0,5	100	⁴ V

¹Coeficiente de cultura; ²Profundidade efetiva do sistema radicular; ³Fator de disponibilidade hídrica; ⁴Variável, conforme o tratamento; ⁵valor de kc final do último dia da fase.

Para se avaliar a redução da evapotranspiração da cana-de-açúcar em função do fator de disponibilidade de água no solo (fator *f*), o experimento foi conduzido em uma área cultivada com a cultura, que foi dividida em quatro quadrantes com características do solo homogêneas, com a decisão de aplicação das lâminas de irrigação diferenciadas para cada quadrante, o que implicou na aplicação das lâminas de irrigação com diferentes turnos de rega. Os tratamentos corresponderam, respectivamente, aos seguintes fatores *f*: T1 - 0,3; T2 - 0,5; T3 - 0,7 e T4 - 0,9, ou seja, para o tratamento T1, a irrigação ocorreu quando 30% da água total disponível do solo havia sido consumida pela cultura e assim por diante para todos os tratamentos.

Ao final do experimento, foram calculados os somatórios da evapotranspiração da cultura, das lâminas de irrigação aplicadas, dos números de irrigações realizadas, das precipitações efetivas e das lâminas totais ocorridas no ano/safra agrícola com duração de 10 meses. A umidade do solo foi monitorada, pelo método padrão de estufa, com amostragens coletadas até a profundidade de 0,5 m, semanalmente, e os dados obtidos foram comparados com aqueles estimados pelo aplicativo, para aferição do método.

O experimento foi conduzido no delineamento em faixas, com quatro tratamentos (fatores *f*). O número de repetições foram quatro, para Índice de Área Foliar (IAF) e Índice de Maturação (IM), e de três, para Produtividade e Açúcares Totais Recuperáveis (ATR), com as parcelas distribuídas aleatoriamente no quadrante específico de cada tratamento. As parcelas possuíam 12 m de comprimento com 5 linhas de cana, tendo como área útil as três linhas centrais com comprimento de 10 m.

O Brix e o índice de maturação (IM) foram avaliados usando um refratômetro de campo digital. Em cada parcela, foram tomadas três plantas, aleatoriamente, e destas, extraídas gotas de caldo, com um trado perfurador, dos terceiros internódios a partir do solo e da ponta (último internódio que a bainha desprende-se facilmente do colmo) (DIOLA; SANTOS, 2010). A relação existente entre o Brix da ponta e o Brix da base, indicou o índice de maturação (IM) pelos seguintes valores: menor que 0,60 – cana verde; 0,60 a 0,70 – maturidade baixa; 0,70 a 0,84 – maturidade média; 0,85 a 1,00 – cana madura; e maior que 1,00 – declínio da maturação (CALDAS; SANTOS, 2010).

O índice de área foliar (IAF, $m^2 m^{-2}$) foi determinado utilizando o equipamento LAI-2000. O aparelho foi configurado para realizar seis leituras, sendo uma acima do dossel e cinco abaixo, em cada uma das quatro fileiras de plantas de cada tratamento (LI-COR, 1992).

As colheitas dos colmos foram realizadas manualmente, cortando-se fileiras de 10 metros nas parcelas úteis de cada tratamento. Após cada colheita, as amostras foram pesadas em dinamômetro e determinadas as massas (kg) da produção de cada parcela de $15 m^2$, sendo o resultado obtido convertido em toneladas de cana por hectare ($t ha^{-1}$), considerando-se o espaçamento entre fileiras de 1,50 m. Em cada parcela foram retirados três colmos, aleatoriamente, e enviados ao laboratório para a realização das análises de rendimento industrial.

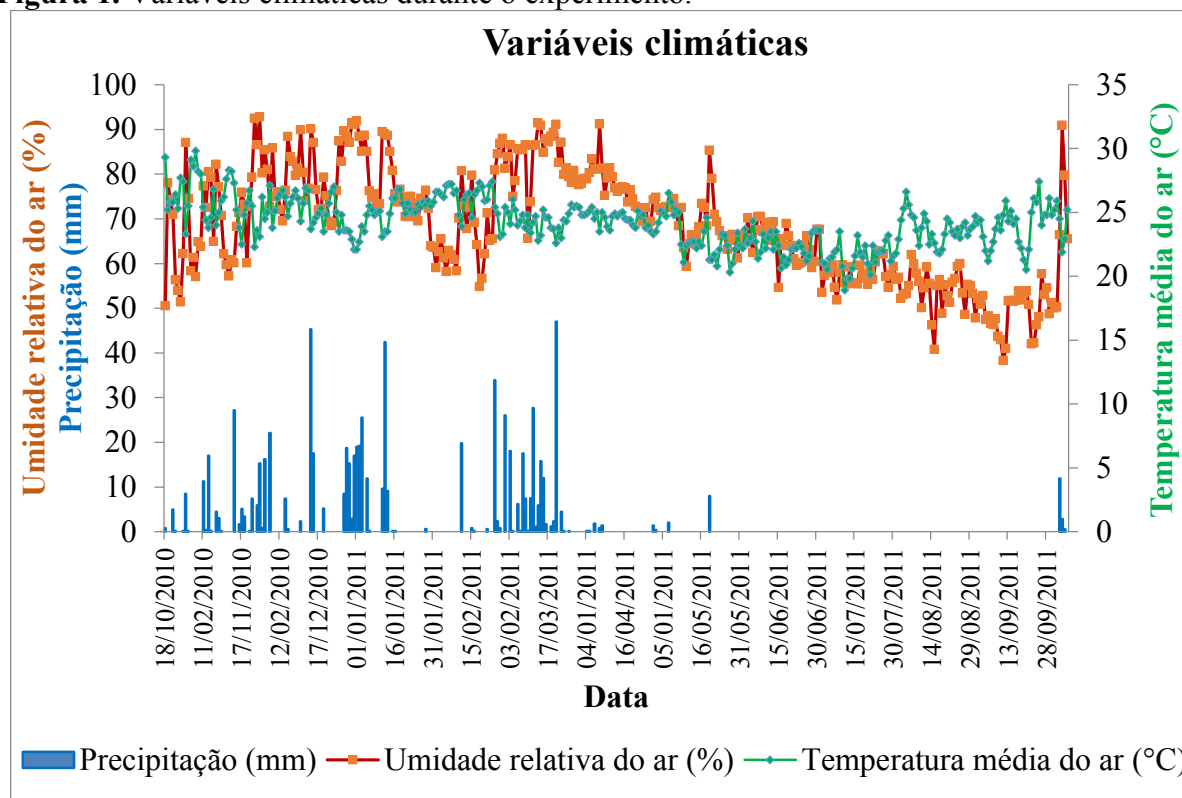
Com os valores de Brix, Pol e peso do bagaço úmido foram determinados, seguindo o método da CONSECANA (2006), os açúcares totais recuperáveis (ATR) em $kg t^{-1}$.

Os valores obtidos nas repetições foram submetidos a análises de variância e análise de regressão polinomial para modelos linear e quadrático, conforme a variável. Os coeficientes encontrados para as equações de regressão foram submetidos ao teste *t*, com posterior correção, considerando-se o quadrado médio do resíduo e os graus de liberdade da ANOVA e o Quadrado Médio Independente da Regressão. Foram adicionados os Intervalos de Confiança da Regressão, ao nível de 95% de probabilidade. Para apresentação gráfica se utilizou as médias obtidas com as repetições dos tratamentos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o experimento, observou-se que o período chuvoso encerrou-se no dia 19/05/2011, fazendo com que a cultura ficasse totalmente dependente da irrigação, para o suprimento de água, durante 81 dias, até a colheita. Na Figura 1 são apresentadas as variáveis climáticas para o período de desenvolvimento do trabalho.

Figura 1. Variáveis climáticas durante o experimento.



Os somatórios da demanda evapotranspirativa da cultura, das irrigações realizadas no ciclo, da precipitação total desconsiderando-se o escoamento superficial e da lâmina total recebida pela cultura, são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Demanda evapotranspirativa da cultura (ETc), irrigações (mm), número de irrigações no ciclo da cultura, precipitação total no ciclo desconsiderando-se o escoamento superficial (P-ro) e lâmina de água total (LT) recebida pela cultura na safra 2010/2011, para cada tratamento.

Fator <i>f</i> (Tratamentos)	ETc ¹ (mm)	Irrigação (mm)	Número de irrigações	P-ro ² (mm)	LT ³ (mm)
0,3	1122,6	1094,9	99	640,4	1735,3
0,5	969,0	898,1	54	640,4	1540,6
0,7	868,4	746,8	36	640,4	1388,6
0,9	759,0	540,0	29	640,4	1183,1

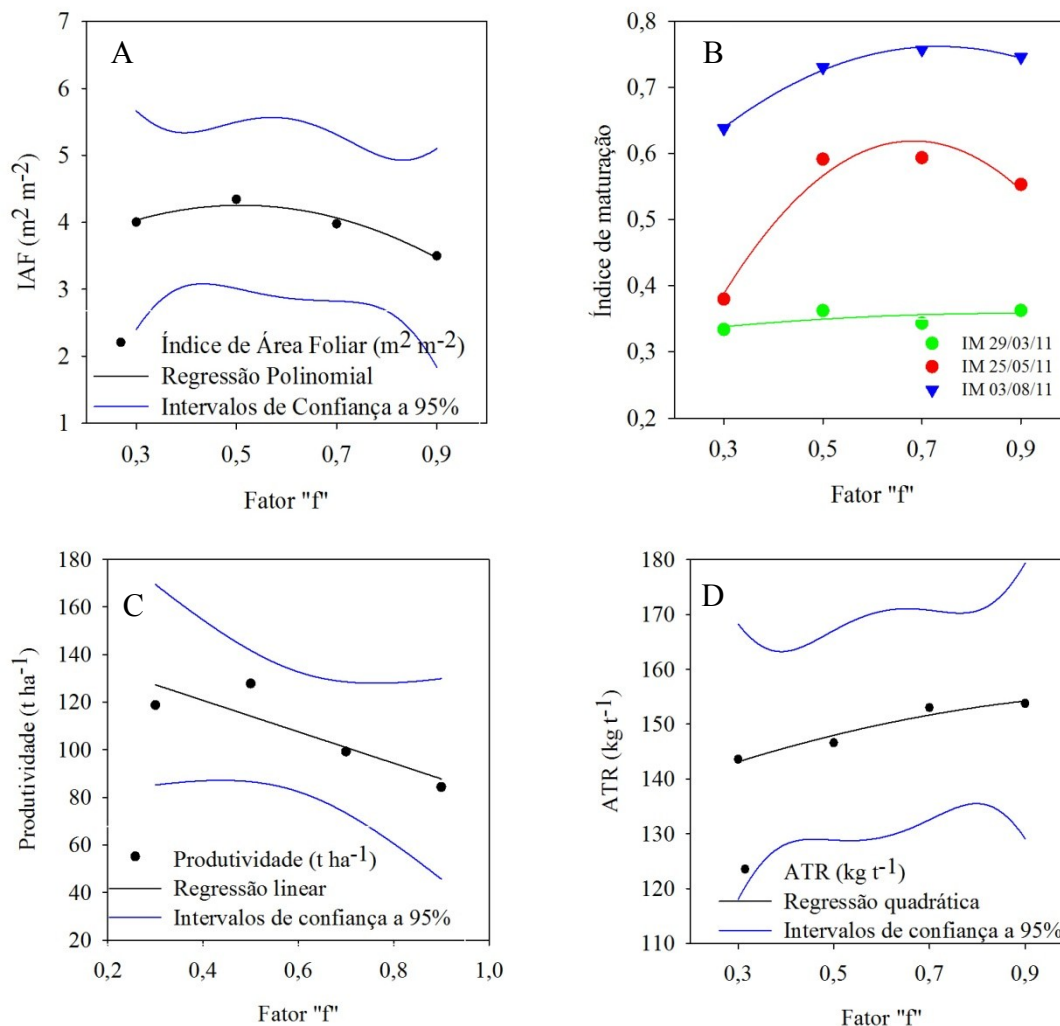
¹Evapotranspiração da cultura; ²Precipitação menos escoamento superficial; ³Obtida pela soma das irrigações e as P-ro.

Observa-se redução da lâmina de irrigação aplicada à medida que se aumentou o valor de f , devido à redução da evapotranspiração da cultura, ocorrida em função do maior esgotamento de água no solo e consequente redução do valor de K_s . Se no manejo da irrigação a opção for usar o f de 0,7 ao invés de 0,5 (valor de referência), tem-se uma redução de 17% no consumo de água. Se a opção for usar o valor de 0,9, a redução passa a ser de 40%. No entanto, é necessário avaliar o efeito do fornecimento de menores quantidades de água na produtividade e no rendimento industrial da cana-de-açúcar, uma vez que a cultura passa a sofrer maior estresse hídrico, o que pode provocar redução de seu desenvolvimento, principalmente nos dois primeiros estádios (Fases 1 e 2) (BERNARDO, 2006). Caso a opção seja por irrigar a cultura quando 30% da água armazenada no solo se esgotar há um aumento de 22% do consumo de água.

Outro ponto a se destacar é que, quanto menor o valor do fator f , maior foi o número de irrigações, devido ao menor turno de rega. Trabalhando-se com os fatores f de 30, 50, 70 e 90%, irrigou-se a cultura 99, 54, 36 e 29 vezes, respectivamente. Do ponto de vista operacional, é interessante que se faça o mínimo de irrigações, por demandar menos mão de obra e energia elétrica consumida nos motores de movimentação das torres. No entanto, longos intervalos entre as irrigações submetem a cultura a condições de solos mais secos, o que dificulta a absorção de água pelas plantas, levando ao estresse hídrico.

Na Figura 2 são apresentados os índices de área foliar para os tratamentos na época de colheita, os índices de maturação antes da colheita, a produtividade de colmos, os açúcares totais recuperáveis, as equações de regressão e os intervalos de confiança ao nível de 95% de probabilidade. A análise de variância apresentou significância ao nível de 5% de probabilidade para os tratamentos, pelo teste F. As plantas submetidas aos maiores intervalos entre irrigações apresentaram menores valores de IAF (Figura 2.A), com reduções de 8,5% e 19,5% do IAF, para os tratamentos com f 0,7 e 0,9, respectivamente, quando comparados com f 0,5.

Figura 2. A - Índice de área foliar ($\text{m}^2 \text{m}^{-2}$) na época de colheita; B - Índices de maturação antes da colheita; C - Produtividade de colmos de cana-de-açúcar; D - Açúcares totais recuperáveis - ATR (kg t^{-1}); Equações de regressão e intervalos de confiança ao nível de 95% de probabilidade.



Na Tabela são apresentadas as equações com os modelos que descrevem as relações entre os tratamentos e as variáveis Índice de Área Foliar, Índice de Maturação, Produtividade e Açúcares Totais Recuperáveis. Observa-se que somente para a equação do Índice de Maturação do dia 25/05 se obteve significância dos coeficientes, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste "t" e, para os demais, não houve significância. Estas análises utilizaram os valores das repetições dos tratamentos. No entanto, os coeficientes de determinação (R^2), obtidos das médias dos tratamentos, apresentaram-se adequados para o estudo das variáveis, com exceção da variável "IM" do dia 29/03.

Tabela 3. Modelos que descrevem as relações entre os tratamentos e as variáveis Índice de Área Foliar, Índice de Maturação, Produtividade e Açúcares Totais Recuperáveis.

Variável	Equação
Índice de Área Foliar	$\hat{IAF} = -5,125^{ns} f^2 + 5,210^{ns} f + 2,930$ $R^2 = 0,9520$
Índice de Maturação em 29/03	$\hat{IM}_{29/03} = -0,058^{ns} f^2 + 0,103^{ns} f + 0,313$ $R^2 = 0,400$
Índice de Maturação em 25/05	$\hat{IM}_{25/05} = -1,57^{***} f^2 + 2,148^{***} f - 0,115$ $R^2 = 0,955$
Índice de Maturação em 03/08	$\hat{IM}_{03/08} = -0,6485^{ns} f^2 + 0,953^{ns} f + 0,412$ $R^2 = 0,996$
Produtividade	$\hat{P} = -149,31^{ns} f^2 + 113,22 f^{ns} + 100,81$ $R^2 = 0,8853$
Açúcares Totais Recuperáveis	$\hat{ATR} = -14,1094^{ns} f^2 + 35,4225^{ns} f + 133,777$ $R^2 = 0,9442$

^{ns} Não Significativo; ^{***} Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste "t".

Khan et al. (2011) encontraram valores de área foliar para a cana-de-açúcar, maiores que $6 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$, em plantas submetidas ao manejo da irrigação com depleção de 40% ($f=0,4$) da água armazenada no solo. No mesmo trabalho, verificaram-se decréscimos de até 36% da área foliar, em plantas conduzidas no manejo com depleção de 80% ($f=0,8$) da água do solo, quando comparadas com o manejo com 40% de depleção. Isso ocorreu em função do menor desenvolvimento foliar nestes tratamentos, provocado pela deficiência hídrica. Em outros trabalhos (SMIT; SINGELS, 2006; MACHADO et al., 2009; VIEIRA et al., 2013) também se observou redução da área foliar da cana-de-açúcar em plantas que foram submetidas a condições de deficiência hídrica.

No tratamento em que a cultura recebeu irrigações mais frequentes também houve decréscimo do índice de área foliar, pela reduzida aeração do solo, provocada pela saturação do solo, principalmente, na época chuvosa. A falta de adequada aeração do sistema radicular em plantas submetidas a saturação do solo provoca queda imediata da respiração das raízes, tanto em plantas tolerantes como nas não tolerantes, que apresentam inibição da formação de primórdios foliares e queda na expansão foliar (LIZASO et al., 2001). No entanto, Souza (2010) não verificou redução da área foliar da cana-de-açúcar submetida à inundação, em experimento conduzido com vasos em casa-de-vegetação.

Os Índices de Maturação (IM), apresentados na Figura 2.B, nos dias 29/03, 25/05 e 03/08/2011, apresentaram maiores valores na última avaliação, evidenciando o avanço da maturação com o desenvolvimento da cultura. Na última avaliação observou-se tendência de aumento do IM para os tratamentos com irrigação menos frequente. No momento da colheita, nenhum tratamento atingiu valores que indicam a maturidade da cana-de-açúcar (entre 0,85 e 1,00). Isso ocorreu porque a cana foi colhida com 10 meses após o corte, devido à queima

ocorrida acidentalmente. Esperava-se que, aos 12 meses, a cana atingisse a maturidade adequada de corte.

Os resultados de produtividade de colmos ($t\ ha^{-1}$), apresentados na Figura 2.C, em função dos fatores f , indicam tendência de redução da produtividade à medida que se aumentam os valores de f . Com maiores intervalos entre irrigações, é possível que a cultura tenha maior dificuldade na absorção de água, levando ao estresse hídrico e, conseqüentemente, à redução de produtividade.

Khan et al. (2011) observaram maiores produtividades da cana-de-açúcar ao se manejar a cultura com 40% de depleção da água armazenada no solo. Sagoo et al. (2010) observaram que, tanto o excesso (depleção de 20%) como a falta de irrigação (depleção de 80%) foram prejudiciais à cultura da cana-de-açúcar, se comparados ao manejo com 40% de depleção.

Os valores médios de ATR ($kg\ t^{-1}$) apresentaram tendência de aumento linear com o aumento do fator f (Figura 2.D). Na Tabela 4 são apresentados os rendimentos de açúcares para os diferentes tratamentos. Houve maiores rendimentos em massa de açúcar (kg) por massa de cana (t) para as menores frequências de irrigação e o inverso ocorreu para o rendimento de massa de açúcar (t) por área (ha). Segundo Lisson et al. (2005), a perda de umidade dos colmos está associada ao ganho de sacarose, assim, em situações de menor fornecimento hídrico, ocorre maior acúmulo de açúcares. Inman-Bamber e Smith (2005) afirmam que a restrição hídrica é necessária para o acúmulo de sacarose nos colmos na época de corte. Ressalta-se que, irrigando-se no fator $f = 0,7$, tem-se redução de 17% no consumo de água pela cultura, com redução de 19% no rendimento total de açúcares.

Tabela 4. Rendimento de açúcares, em kg de açúcar por tonelada de cana e em toneladas de açúcar por hectare.

Fator f (Tratamentos)	Rendimento ($kg\ t^{-1}$)	Rendimento ($t\ ha^{-1}$)
0,3	143,6	17,06
0,5	146,6	18,73
0,7	153,0	15,18
0,9	153,8	12,97

Os resultados indicam que, para a cultura da cana-de-açúcar, nas condições em que foi desenvolvido o experimento, pode-se recomendar o fator f entre 0,5 e 0,7, concordando com as recomendações encontradas na literatura (MANTOVANI et al., 2009; ALLEN et al., 1998; OLIVEIRA et al., 2010), com preferência para valores mais próximos do primeiro, em virtude de maior produtividade de açúcares por unidade de área e menores riscos de perda de produtividade associados ao estresse hídrico sofrido pela cultura.

Há que se considerar, ainda, o tipo de solo de cultivo. No presente trabalho, o solo é arenoso, o que implica em pequena retenção de água e sua depleção ocorrendo de forma mais rápida, o que pode requerer irrigações mais frequentes e a adoção de f menor. Na região Norte Mineira, devido à alta radiação incidente, baixa umidade relativa e altas temperaturas, a cultura da cana-de-açúcar alcança altos valores de evapotranspiração no período de maior demanda atmosférica de água, chegando a mais de oito $mm\ dia^{-1}$, o que promove um rápido esgotamento da água do solo.

Em solos mais argilosos, com maior capacidade de armazenamento de água, pode-se deixar a água depletir mais, visto que, o tempo de depleção é maior, levando mais tempo para se atingir a umidade de segurança.

6 CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos, para a cultivar RB 86-7515, nas condições em que foi realizado o experimento, é possível concluir que: ao se irrigar a cana, adotando-se o fator f 0,7, obtém-se 17% de redução da evapotranspiração da cultura, se comparado ao f 0,5, promovendo economia expressiva de água e energia elétrica; não se recomenda irrigar a cultura com f 0,3, visto que se aumenta o consumo de água em 20% se comparado ao f 0,5 e não se obtém aumento da produtividade de colmos e de açúcares; adotando-se f entre 0,5 e 0,7 no manejo da irrigação, pode-se atingir produtividades de colmos e açúcares satisfatórias; são necessários estudos comparativos que avaliem o comportamento da cana-de-açúcar em solos de textura argilosa e arenosa, com o manejo da irrigação feito com diferentes fatores f .

7 REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 308 p. (FAO Irrigation and Drainage, 56).
- BERNARDO, S. **Manejo da irrigação na cana-de-açúcar**. Palestra no XVI CONIRD. Goiânia-GO. 2006. 11p. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Cana_irrigada_producao_000fizvd3t102wyiv802hvm3jwlwle6b8.pdf>. Acesso em: 24 de set. 2010.
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de Irrigação**. Viçosa: UFV. 2008. 611 p.
- CALDAS, C.; SANTOS, F. IN: SANTOS et al. (Ed.). **Cana-de-açúcar: Bioenergia, açúcar e álcool – Tecnologias e perspectivas**. Viçosa: UFV, cap 13, p. 357-368. 2010.
- CARR, M.K.V; KNOX, J.W. The water relations and irrigation requirements of sugarcane (*Saccharum officinarum*): A review. **Experimental Agriculture**, v.47, n.1, p.1-25, 2011.
- CONSECANA – Conselho dos produtores de cana-de-açúcar, açúcar e álcool do Estado de São Paulo. **Manual de Instruções**. CONSECANA-SP, Piracicaba, 5ª ed., 2006. 200 p.
- DIOLA, V.; SANTOS, F. **Fisiologia**. In: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. (Ed.) *Cana-de-açúcar: Bioenergia, Açúcar e Álcool – Tecnologias e perspectivas*. Viçosa: UFV, p.25-49, 2010.
- ENDRES, L.; SILVA, J.V.; FERREIRA, V.M.; BARBOSA, G.V. de S. Photosynthesis and water relations in Brazilian sugarcane. **The Open Agriculture Journal**, v. 4, p.31-37, 2010.
- 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.
- KARATAS, B. S.; AKKUZU, E.; UNAL, H. B.; ASIK, S.; AVCI, M. Using Satellite remote sensing to assess irrigation performance in water user Associations in the Lower Gediz Basin, Turkey. **Agricultural Water Management**, v. 96, p.982-990, 2009.

- KHAN, E.A.; SAGOO, A.G.; HASSAN, G. Physiological response of autumn planted sugarcane to soil moisture depletion and plant geometry on different soils under arid conditions. **Pakistan Journal of Botany**, v.43, n.4, p. 1965-1969, 2011.
- KISI, O. Evapotranspiration modeling using a wavelet regression model. **Irrigation Science**, v.29, n.3, p.241-252, 2010.
- LI-COR. **LAI-2000 Plant Canopy Analyzer Operating Manual**. Lincoln: LI-COR. 1992. 174 p.
- LISSON, S.N.; INMAN-BAMBER, N.G.; ROBERTSON, M.J.; KEATING, B.A. The historical and future contribution of crop physiology and modeling research to sugarcane production systems. **Field Crops Research**, v. 92, p.321-335, 2005.
- LIZASO, J.I.; MELENDEZ, L.M.; RAMIREZ, R. Earth flooding of two cultivars os tropical maize. I- Shoot and root growth. **Journal of Plant Nutrition**, v.24, p.979-995, 2001.
- MACHADO, R.S.; RIBEIRO, V.; MARCHIORI, P.E.R.; MACHADO, D.F.S.P.; LANDELL, M.G.A. Respostas biométricas e fisiológicas ao déficit hídrico em cana-de-açúcar em diferentes fases fenológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.12, p. 1575-1582, 2009.
- MANTOVANI, E, C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação - Princípios e Métodos**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2009. 355 p.
- MANTOVANI, E.C.; MONTES, D.R.P.; VIEIRA, G.H.S.; RAMOS, M.M.; SOARES, A.A. Estimativa de produtividade da cultura do feijão irrigado em Cristalina-GO, para diferentes lâminas de irrigação como função da uniformidade de aplicação. **Engenharia Agrícola**, v.32, n.1, p. 110-120, 2012.
- OLIVEIRA, R. A.; RAMOS, M. M.; AQUINO, L. A. de. **Manejo de irrigação**. In: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. (Ed.) Cana-de-açúcar: Bioenergia, Açúcar e Álcool – Tecnologias e perspectivas. Viçosa: UFV, p.217-244, 2010.
- SAGOO, A.G.; KHAN, E.A.; HIMYATULLAH, H; KHAN, M.A.; AHMAD, H.K. Morphological response of autumn planted sugarcane to available soil moisture depletion and planting geometry on different soils under arid conditions. **Sarhad Journal of Agriculture**, v. 26, n.2, p.187-194, 2010.
- SHRIVASTAVA, A.K.; SHRIVASTAVA, A.K.; SOLOMON, S. Sustaining sugarcane productivity under depleting water resources. **Current Science**, v.10, n.6, p. 748-754, 2011.
- SMIT, M.A.; SINGELS, A. The response of sugarcane canopy development to water stress. **Field Crops Research**, v.98, p.91-97, 2006.
- SOUZA, K.T.S. de. **Sensibilidade da primeira soca da cana-de-açúcar ao excesso de água no solo**. Tese (Doutorado em Ciências) – ESALQ/USP, Piracicaba, 86f. 2010.

TRAJKOVIC, S.; KOLAKOVIC, S. Evaluation of reference evapotranspiration equations under humid conditions. **Water Resource Management**, v.23, p. 3057-3067, 2009.

VIEIRA, G.H.S.; MANTOVANI, E.C.M.; SEDIYAMA, G.C.; CECON, P.R.; DELAZARI, F.T. Época de interrupção da irrigação na cultura da cana-de-açúcar. **Irriga**, v.19, n.03, p. 426-441, 2013.