

## PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA A DIFERENTES REPOSIÇÕES HÍDRICAS E NITROGÊNIO EM DOIS CICLOS

**RODRIGO MÁXIMO SÁNCHEZ-ROMÁN<sup>1</sup>; NELMÍCIO FURTADO DA SILVA<sup>2</sup>;  
FERNANDO NOBRE CUNHA<sup>2</sup>; MARCONI BATISTA TEIXEIRA<sup>3</sup>; FREDERICO  
ANTONIO LOUREIRO SOARES<sup>3</sup> E PEDRO HENRIQUE PINTO RIBEIRO<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Eng. Agrícola, Prof. Doutor FCA/UNESP. Rua José Barbosa de Barros, 178, CEP 18610-307, Botucatu, SP. Fone: (14) 3711-7100. E-mail: rmsroman@fca.unesp.br

<sup>2</sup>Eng. Agrônomo, Doutorando em Ciências Agrárias - Agronomia. Instituto Federal Goiano – IFGoiano – Campus Rio Verde, GO, e-mail: nelmiciofurtado@gmail.com, fernandonobrecunha@hotmail.com

<sup>3</sup>Eng. Agrônomo, Prof. Dr. Instituto Federal Goiano – IFGoiano – Campus Rio Verde, GO, e-mail: marconibt@gmail.com, fredalsoares@hotmail.com

<sup>4</sup>Tecnólogo em Irrigação e Drenagem, Doutorando FCA/UNESP. Rua José Barbosa de Barros, 178, CEP 18610-307, Botucatu, SP. Fone: (14) 3711-7100. E-mail: pedroirri@gmail.com

### 1 RESUMO

O déficit hídrico pode ter maior ou menor impacto na produtividade da cana-de-açúcar, conforme a fase fenológica de crescimento e desenvolvimento, porém a irrigação e a adubação nitrogenada têm o potencial de mitigar estes efeitos da deficiência hídrica na cana-de-açúcar aumentando a produtividade e melhorando a qualidade da matéria-prima. Dessa forma, objetivou-se com este trabalho avaliar a produtividade de colmos e açúcares totais recuperáveis (ATR) da cana-de-açúcar, submetida a diferentes reposições hídricas (100, 75, 50, 25 e 0%), sem e com a aplicação de nitrogênio (N) via água de irrigação por gotejamento subsuperficial nas condições de cana-planta e cana-soca. O experimento foi implantado em condições de campo, em março de 2011, na estação experimental do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 5 x 2 x 2 com quatro repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade, e em casos de significância, foi realizada a análise de regressão para os níveis de reposição hídrica, enquanto para o fator aplicação de nitrogênio e ciclo as médias foram comparadas entre si pelo teste Tukey a 5% de significância, utilizando-se o programa estatístico SISVAR. A produtividade de colmos e o ATR apresentaram efeito significativo, com respectivos aumentos correspondentes a 31,28 e 1,04% para cana-soca e 15,68 e 4,32% para cana-planta em relação a reposição hídrica.

**Palavras-chave:** *Saccharum officinarum* L., déficit hídrico, irrigação por gotejamento

**SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M.; SILVA, N. F. da; CUNHA, F. N.; TEIXEIRA, M. B.;  
SOARES, F. A. L.; RIBEIRO, P. H. P.**  
**SUGAR CANE YIELD UNDER DIFFERENT WATER DEPTHS AND NITROGEN  
LEVELS IN TWO CYCLES**

## 2 ABSTRACT

Water stress may have higher or lower impact on sugar cane yield according to the phenological stage growth and development. However, irrigation and nitrogen fertilization have the potential to mitigate these effects of water stress on sugar cane, increasing yield and improving the quality of raw material. Based on these considerations, this study aimed at evaluating the yield of sugar cane stems and TRS (total recoverable sugar) using different levels of water depth replacement (100, 75, 50, 25 and 0%), with and without nitrogen subsurface drip irrigation fertilization in sugar cane plant and ratoon. The experiment was conducted under field conditions, in March 2011 at the Goiás Federal Institute – Rio Verde Campus – Go experimental station. A completely randomized factorial (5x2x2) design was used with four replicates. Analysis of variance using the F test at 5% probability was applied to the results, and when they were significant, regression analysis was performed for levels of water replacement. Means concerning nitrogen application and cycles were compared by the Tukey test at 5% significance level using the SISVAR statistical software. Stem yield and TRS had a significant effect with increases of 31.28 and 1.04 % respectively for ratoon cane, and of 15.68 and 4.32%, respectively for cane plant in relation to water replacement.

**Keywords:** *Saccharum officinarum* L., water stress, dripping irrigation

## 3 INTRODUÇÃO

A expansão do mercado mundial de açúcar e álcool tem estimulado o aumento do investimento no setor em todo o país (FRASSON, 2007). Para que haja uma produção de etanol que supra as necessidades internas do país, e ainda, possa exportar esse combustível, tem-se a necessidade de grandes áreas plantadas com a cana-de-açúcar. Devido a isso, os produtores de cana-de-açúcar e as agroindústrias do setor sucroalcooleiro têm investido bastante em tecnologias para aumentar a produtividade da cultura e melhorar a qualidade industrial da matéria-prima (DANTAS NETO et al., 2006). Para que isso ocorra pode-se citar a irrigação e a adubação (LELIS NETO, 2012). O incremento na produtividade da cana-de-açúcar com o uso da irrigação é bastante conhecido (WIEDENFELD; ENCISO, 2008; GAVA et al., 2011). No entanto, o aprimoramento das técnicas de manejo torna-se necessário para atingir a máxima eficiência no uso dos recursos hídricos, visando máxima produtividade com o menor volume de água utilizado.

Segundo Inman-Bamber e Smith (2005), a água é considerada fator limitante à produção da cana-de-açúcar, pois, à medida que sua disponibilidade aumenta, a cultura expressa seu potencial produtivo com diferentes respostas entre as variedades. Para o uso eficiente da água pela cana-de-açúcar, é fundamental identificar a necessidade hídrica responsável pelas máximas produções (WIEDENFELD; ENCISO, 2008).

A diferença de eficiência de utilização de água em relação à produtividade de colmos, verificada nos genótipos, se deve sem dúvida, à capacidade que cada genótipo possui de tolerar o estresse hídrico e, em seguida, rapidamente se regenerar (SMIT; SINGELS, 2006). Dantas Neto et al. (2006) e Farias et al. (2008) afirmaram que para a obtenção de produtividade elevada atingindo o potencial genético da cultura, o uso da tecnologia de irrigação é imprescindível.

Pesquisas em várias regiões produtoras do mundo e do Brasil, com diferentes variedades de cana-de-açúcar, têm mostrado o efeito da irrigação no aumento da produtividade, além disso, a adubação nitrogenada destaca-se como uma das práticas culturais de maior demanda de

pesquisas para a cana-de-açúcar, uma vez que os estudos sobre nitrogênio (N) apresentam resultados muito variáveis e muitas vezes até contraditórios (KORNDÖRFER et al., 2002). Porém, são muitos os trabalhos encontrados na literatura que indicaram a importância do N na cultura da cana-de-açúcar (GAVA et al., 2010; FRANCO et al., 2011, VITTI et al., 2011).

Este trabalho de pesquisa partiu da hipótese de que a irrigação e a adubação nitrogenada têm o potencial de mitigar estes efeitos da deficiência hídrica na cana-de-açúcar aumentando a produtividade e melhorando a qualidade da matéria-prima. A reposição hídrica e a dose de N a ser utilizada em cana-planta e cana-soca necessitam ser delimitadas adequadamente para as condições de cerrado. Dessa forma, objetivou-se com este trabalho avaliar a produtividade de colmos e açúcares totais recuperáveis (ATR) da cana-de-açúcar, submetida a diferentes reposições hídricas (100, 75, 50, 25 e 0%), com a aplicação de N via água de irrigação por gotejamento subsuperficial nas condições de cana-planta e cana-soca.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, GO, localizada na latitude 17°48'28"S e longitude 50°53'57"O, com altitude média de 720 m e relevo suave ondulado (6% de declividade). O clima da região foi classificado conforme Köppen, como Aw (tropical), com precipitação nos meses de outubro a maio, e com seca nos meses de junho a setembro. A temperatura média anual varia de 20 a 35°C e as precipitações variam de 1.500 a 1.800 mm anuais. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf) de textura média (EMBRAPA, 2013). Na Tabela 1 estão descritas as características físico-hídricas e químicas do solo.

**Tabela 1.** Características físico-hídricas e químicas do solo da área experimental, nas camadas de 0–0,20 e 0,20–0,40 m de profundidade

Características físico-hídricas											
Camada (m)	Granulometria (g kg <sup>-1</sup> )			$\theta_{CC}$	$\theta_{PMP}$	Ds	PT	Classificação textural			
	Areia	Silte	Argila	--- m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> ---	---	g cm <sup>-3</sup>	cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>				
0–0,20	458,3	150,2	391,5	51,83	30,5	1,27	0,55	Franco Argiloso			
0,20–0,40	374,9	158,3	466,8	55	31,33	1,28	0,51	Argila			
Características químicas											
Camada (m)	pH em H <sub>2</sub> O	MO g kg <sup>-1</sup>	P mg dm <sup>-3</sup>	K	Ca	Mg	Al	H+Al	S	CTC	V (%)
0,00–0,20	6,2	63,42	7,06	2,04	20,40	16,80	0,0	57,75	41,80	99,55	41,99
0,20–0,40	6,6	44,47	2,65	4,09	14,40	13,20	0,0	44,55	31,69	76,24	41,57

$\theta_{CC}$ , capacidade de campo (10KPa);  $\theta_{PMP}$ , ponto de murcha permanente (1.500 KPa); Ds, densidade do solo; PT, porosidade total; pH em água destilada. P e K, extrator Mehlich<sup>-1</sup>. M.O - Matéria orgânica. V - Saturação por bases.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 5 x 2 x 2, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram em cinco níveis de reposição hídrica (100, 75, 50, 25 e 0%, com base na umidade do solo na capacidade de campo) combinados sem e com aplicação de fertilizante nitrogenado (0 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de N) na forma de ureia, em dois ciclos de cultivo.

O plantio da cana-de-açúcar foi realizado em março de 2011, utilizando-se a variedade RB 85-5453, que apresenta como características principais alto teor de açúcar e precocidade. As parcelas experimentais foram compostas por três sulcos de linha dupla (plantio “em W”)

com espaçamento de 1,4 x 0,4 m entre linhas e 8 m de comprimento, totalizando 43,2 m<sup>2</sup> de área total por parcela.

Nos tratamentos com reposição hídrica, foi utilizado o método de irrigação por gotejamento subsuperficial. O tubo gotejador foi enterrado a 0,20 m de profundidade da superfície do solo, no meio da linha dupla, tendo o mesmo as seguintes características: modelo Dripnet PC 16150 com parede delgada, pressão de serviço de 1,0 bar, vazão nominal de 1,0 L h<sup>-1</sup> e espaçamento entre gotejadores de 0,50 m.

A irrigação foi conduzida com base em tensiometria digital de punção com sensibilidade de 0,1 kPa, sendo as hastes tensiométricas instaladas nas profundidades de 0,20 e 0,40 e distâncias de 0,15, 0,30, 0,45 e 0,60 m do tubo gotejador, com leitura do potencial matricial do solo ( $\Psi_m$ ) registrada diariamente. Para determinar a necessidade de irrigação, utilizou-se tensão crítica de 40 kPa.

As características físico-hídricas do solo foram determinadas obtendo-se, assim, a curva de retenção de água no solo, a partir do uso do software RETEC (VAN GENUCHTEN, 2009), que possibilita gerar os parâmetros empíricos de ajuste da equação de van Genuchten (1980), convertendo o  $\Psi_m$  mensurado em campo em conteúdo de água no solo ( $\theta$ ), conforme a equação de van Genutchen (1980) a seguir:

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + (\alpha \times |\Psi_m|)^n\right]^m} \quad (1)$$

em que:

$\theta$  – conteúdo de água no solo, cm<sup>3</sup>cm<sup>-3</sup>;

$\Psi_m$  – potencial mátrico, kPa;

$\theta_s$  – umidade do solo saturado, cm<sup>3</sup>cm<sup>-3</sup>;

$\theta_r$  – umidade do solo residual, cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>;

$\alpha$ ,  $n$ ,  $m$  – parâmetros de ajuste empíricos.

Os resultados diários do conteúdo de água no solo foram utilizados para determinar o volume de água aplicado para cada reposição hídrica, sendo que nos tratamentos de 100% baseou-se na elevação da umidade do solo até a capacidade de campo. Para os demais tratamentos, foram aplicadas lâminas de acordo com a porcentagem prevista de reposição hídrica.

A área experimental foi quimicamente corrigida conforme o resultado da análise de solo, com aplicação de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N (ureia), 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato simples) e 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (cloreto de potássio). Nas parcelas em que foi prevista a aplicação de nitrogênio, este foi aplicado totalmente via água de irrigação, parcelado em dez aplicações ao longo do ciclo da cultura.

A partir dos dados climatológicos do período experimental, foi elaborada a estimativa do balanço hídrico decendial para a cana-de-açúcar em manejo de sequeiro, empregando-se o método de Thornthwaite e Mather (1955), sendo que a evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>) foi calculada segundo a equação de Penman-Monteith-FAO/56 (ALLEN et al., 1998) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Dados meteorológicos durante o período do ensaio

Cana-planta															
Ano Mês P	2011										2012				Total
	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr*	
(mm)	419,1	70,4	0,7	63,3	0	4,5	10,5	264,1	145,0	164,9	210,1	387,0	215,2	82,3	2037,1
ETc (mm)	96,8	36,1	60,9	75,1	103,1	125	153,7	142,1	142,4	137,9	130,3	94,5	73,1	86,5	1458,0
Irrig (mm)	0	0	30	10	40	60	60	0	0	0	0	0	0	0	200,0

Cana-soca															
Ano Mês P	2012										2013				Total
	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai**		
(mm)	75,3	30	0	0	11,5	264,1	119,2	138,6	182,5	319,1	308,9	174,3	78,8	1702,3	
ETc (mm)	43,6	63,4	100,0	142,0	154,6	153,3	124,3	135,8	142,9	88,5	78,9	75,1	46,1	1348,5	
Irrig (mm)	0	30	60	80	80	0	0	0	0	0	0	0	0	250,0	

**Fonte:** Dados da estação meteorológica INMET A025 – Rio Verde, GO. P - precipitação; ETc – evapotranspiração da cultura (Penman-Monteith-FAO/56). Irrig – irrigação. \*Abril/2012: colheita da cana-planta. \*\*Maio/2013: colheita da cana-soca.

Foi realizado o monitoramento do °Brix da cana-de-açúcar em campo, nas três últimas semanas antes da colheita em cada ciclo de cultivo. Para a determinação racional do ponto de colheita da cana-de-açúcar, utilizou-se o parâmetro conhecido como Índice de Maturação (IM) determinado em campo, utilizando-se um refratômetro portátil. Os valores de IM são: (a) menor que 0,60 para cana verde; (b) entre 0,60 e 0,85 para cana em processo de maturação; (c) entre 0,85 e 1 para cana madura; e (d) maior que 1 para cana em processo de declínio de sacarose (ROSSETTO, 2012). No momento em que se atingiu Índice de Maturação (IM = °Brix do Ápice/°Brix da Base) entre 0,9 e 0,95, foram coletadas amostras de três colmos de cada parcela, totalizando nove colmos completos por tratamento; e submetidos à avaliação no laboratório de qualidade industrial da Usina São Francisco em Quirinópolis – GO, para a determinação dos açúcares totais recuperáveis (ATR), e expresso em Kg ton<sup>-1</sup>.

A produtividade de colmos foi determinada através da pesagem total dos colmos presentes na área útil das respectivas parcelas sendo quantificado o peso dos colmos presentes nas duas linhas centrais de cada parcela, cujo valor foi extrapolado para ton ha<sup>-1</sup>. Para tanto, realizou-se o corte o mais rente possível do solo. Os colmos foram então despalhados e tiveram o ponteiro destacado. Em seguida, foram pesados em balança digital tipo gancho, marca Soil Control (precisão = 0,02 kg), com capacidade de 50 kg.

Os resultados da produtividade de colmos e ATR obtidos na colheita foram submetidos à análise da variância pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade, e em casos de significância, foi realizada a análise de regressão polinomial linear e quadrática para os níveis de reposição hídrica, enquanto para o fator aplicação de nitrogênio e ciclo as médias foram comparadas entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SISVAR<sup>®</sup> (FERREIRA, 2011).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O período de irrigação em cana-planta concentrou-se de maio a setembro de 2011 com aplicação de uma lâmina total equivalente a 200 mm e para cana-soca entre junho e setembro de 2012 que devido ao maior déficit observado no período necessitou de uma lâmina de 250 mm (Tabela 2).

As variáveis produtivas produtividade de colmos (PC) e ATR apresentaram efeito significativo para a interação entre reposição hídrica (RH) x ciclo (C) e RH x N, conforme a Tabela 3. Estes resultados evidenciaram relação direta entre a irrigação por gotejamento subsuperficial, o N aplicado via irrigação na PC e ATR da cana-de-açúcar.

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância para os fatores Reposição Hídrica, Nitrogênio e Ciclo nas diferentes fases da cana-de-açúcar, Rio Verde, Goiás, safras 2011/2012 e 2012/2013

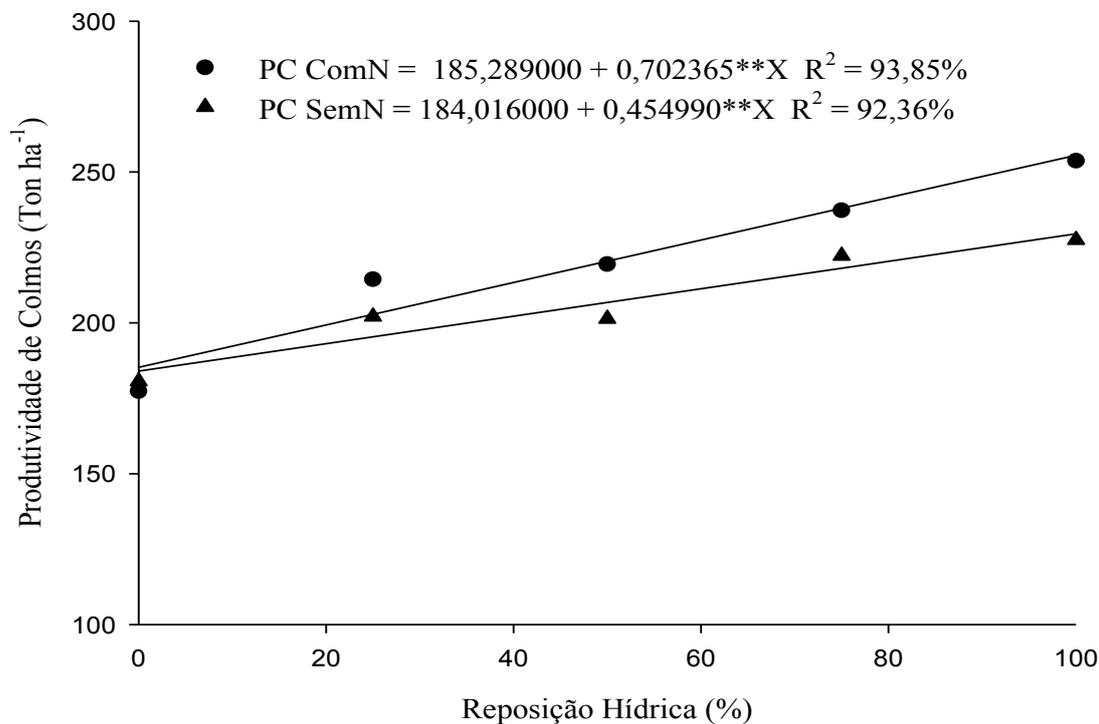
FV	GL	Produtividade de Colmos (PC)	Açúcares Totais Recuperáveis (ATR)
QM			
Reposição Hídrica (RH)	4	8901,82**	35,26*
Nitrogênio (N)	1	3721,95**	1,57*
Ciclo (C)	1	1380,35**	1764,57**
Interação RH x N	4	470,11**	72,47*
Interação RH x C	4	1000,17**	99,48**
Interação N x C	1	49,69 <sup>ns</sup>	3,41 <sup>ns</sup>
Interação RH x N x C	11	39,75 <sup>ns</sup>	42,69 <sup>ns</sup>
Bloco	3	83,19 <sup>ns</sup>	23,87 <sup>ns</sup>
Resíduo	57	104,48	23,87
CV		4,79	3,32

<sup>ns</sup> não significativo; \*\*, \* significativo respectivamente a 1% e 5% de significância segundo teste F. FV – Fontes de variação; GL – Grau de liberdade; QM – Quadrado médio; CV – Coeficiente de Variação.

O efeito significativo do nitrogênio nas variáveis produtivas pode ser atribuído ao fornecimento do fertilizante em pequenas doses ao longo do ciclo de cultivo, aumentando a absorção e favorecendo o aproveitamento do nitrogênio, por apresentar sincronismo maior de disponibilização e absorção de nutrientes para as plantas (GAVA et al., 2011; KÖLLN, 2012).

O desdobramento da PC para o fator RH x N se adequou respectivamente a relações lineares, com R<sup>2</sup> de 93,85 e 92,36% para Com N e Sem N, indicando que apenas 6,15 e 7,64% das variações não são explicadas pela variação da RH. Mediante os resultados estimados, pode-se observar que a cada 25% de RH, houve o incremento de 17,56 e 11,37 ton ha<sup>-1</sup>, que correspondem respectivamente a 6,87 e 4,95%, conforme a Figura 1.

**Figura 1.** Produtividade de Colmos em função da Reposição Hídrica x N na cana-de-açúcar, Rio Verde, Goiás, safras 2011/2012 e 2012/2013.



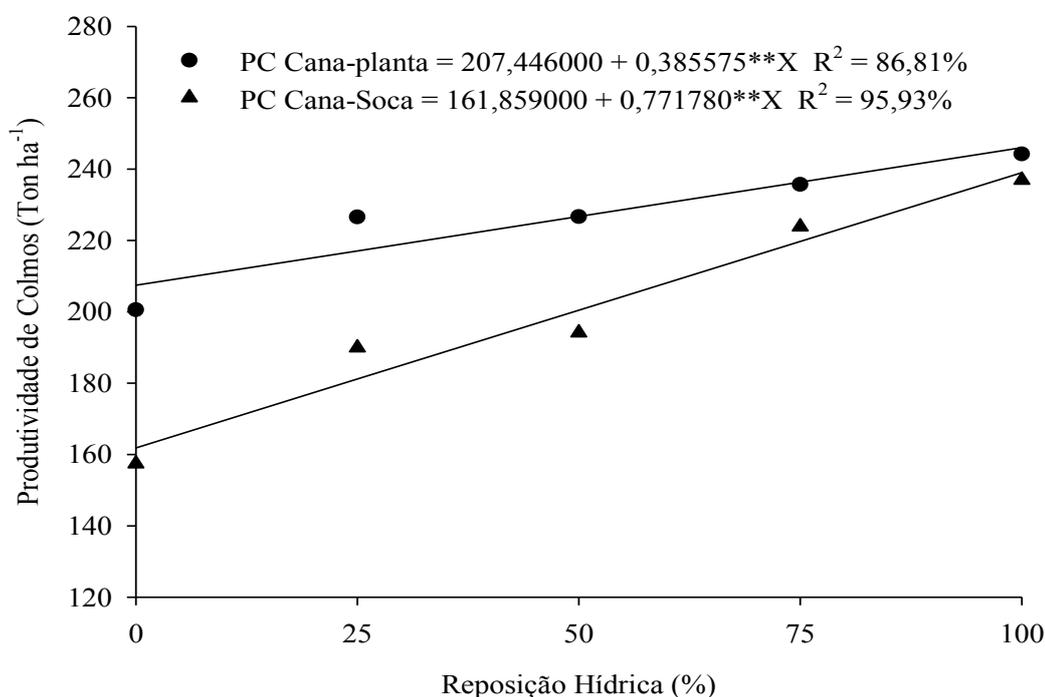
\*\* e \* significativo respectivamente a ( $p < 0,01$  e  $0,05$ ) segundo teste F.

Kölln (2012) também constatou elevação da matéria seca em função da dose de N e também do manejo irrigado para os dois ciclos de cultivo. No manejo irrigado por gotejamento subsuperficial os incrementos verificados em função da elevação da dose de N (0 para  $140 \text{ kg ha}^{-1}$  2008/09) e (0 para  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  2009/10) foram de 40 e 52% respectivamente para o 1º e 2º ciclo de cultivo. No entanto, no manejo com déficit hídrico (sequeiro) a adubação nitrogenada elevou a produtividade de colmos em 35 e 43% respectivamente para o 1º e 2º ciclos.

O desdobramento da PC para o fator RH x C se adequou respectivamente a relações lineares, com  $R^2$  de 86,81 e 95,93% para cana-planta e cana-soca, indicando que apenas 13,19 e 4,07% das variações não são explicadas pela variação da RH. Mediante os resultados estimados, pode-se observar que a cada 25% de RH, houve o incremento de 9,64 e 19,29  $\text{ton ha}^{-1}$ , que correspondem respectivamente a 3,92 e 8,07%, conforme a Figura 2.

Tais resultados foram semelhantes aos resultados obtidos por Dalri et al. (2008); Barbosa et al. (2012) e Andrade Júnior et al. (2012) utilizando irrigação por gotejamento subsuperficial. Entretanto, estes valores foram superiores aos encontrados por Gava et al. (2011) que observaram a interação entre manejo (irrigação por gotejamento e sequeiro) e os genótipos (diferentes cultivares de cana-de-açúcar). Houve resposta significativa da aplicação do sistema de irrigação por gotejamento, com incremento médio de 24% na produção dos colmos e de 23% na produção de açúcar. Dalri (2004) também trabalhando com irrigação por gotejamento obteve resultados semelhantes com incrementos médios de 28,21% em produtividade de colmos.

**Figura 2.** Produtividade de Colmos em função da Reposição Hídrica x Ciclo na cana-de-açúcar, Rio Verde, Goiás, safras 2011/2012 e 2012/2013.

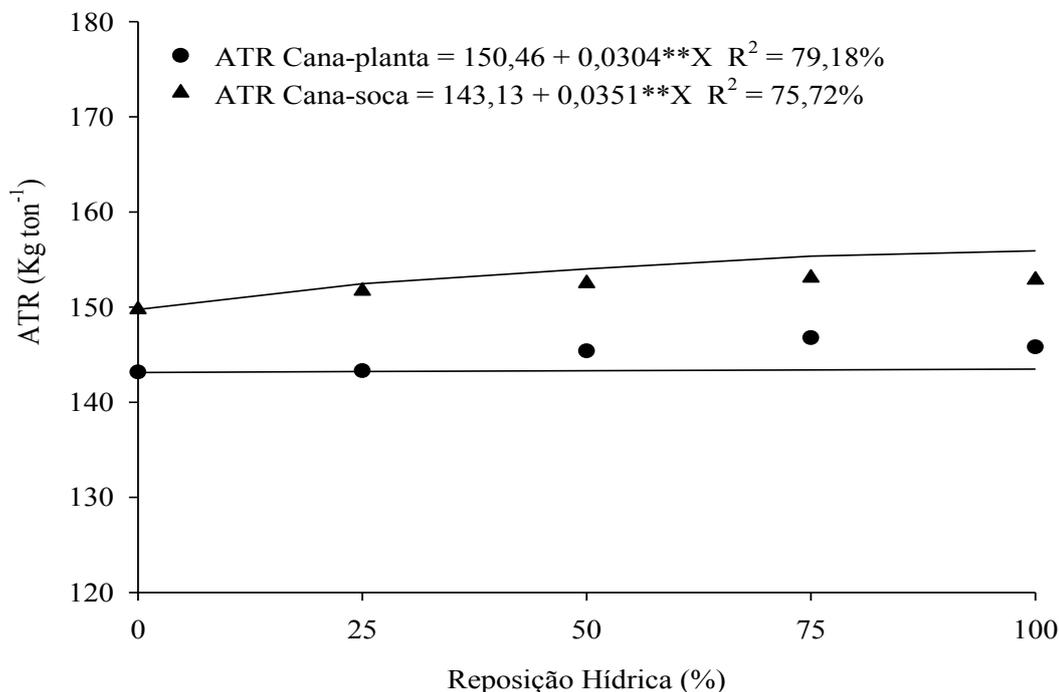


\*\* e \* significativo respectivamente a ( $p < 0,01$  e  $0,05$ ) segundo teste F.

Para Gava et al. (2010) a cultivar SP 80-3280 elevou sua produtividade de colmos em 33%, em ambos os períodos e produtividade de açúcar, em 25 e 33% nos períodos de 2007 e 2008, respectivamente. A cultivar RB 85-5536, embora menor, também apresentou diferenças significativas em relação aos atributos avaliados, com elevação na ordem de 6% para produtividade de colmos e de 4% para a produtividade de açúcar em 2007, mas no período de 2008 elevou a produtividade de colmos e de açúcar em 22%.

O desdobramento da ATR para RH x C se adequou respectivamente a relações lineares, com  $R^2$  de 75,72 e 79,18% para cana-planta e cana-soca, indicando que 24,28 e 20,82% das variações não são explicadas pela variação da RH. Observou-se que a cada 25% de RH, houve o incremento de 1,54 e 0,36 Kg ton<sup>-1</sup>, que correspondem respectivamente a 1,08 e 0,26%, conforme a Figura 3.

**Figura 3.** Açúcares Totais Recuperáveis em função da Reposição Hídrica x Ciclo na cana-de-açúcar, Rio Verde, Goiás, safras 2011/2012 e 2012/2013.



\*\* e \* significativo respectivamente a ( $p < 0,01$  e  $0,05$ ) segundo teste F.

Oliveira et al. (2011) não encontraram modificações no ATR com a quantidade total de água disponibilizada à cultura. Farias et al. (2008) analisaram o efeito de lâminas de água de irrigação na qualidade industrial da cana-de-açúcar, e observaram forte correlação entre as variáveis. Houve tendência de aumento dos ATR, para maiores valores de água aplicada.

Para a produtividade de colmos, o desdobramento do fator N dentro de RH e do fator C dentro de RH houve efeito significativo em todos os níveis de RH, exceto em 0% para N e 75% para C, sendo que a maior média foi observada em Com N, resultando em aumento de 5,72; 8,24; 6,32 e 10,32% comparado a Sem N, respectivamente para a RH de 25, 50, 75 e 100%, conforme a Tabela 4. Kölln (2012) verificou interação entre a fertilização com N e irrigação (N - água) para acúmulo de nitrogênio nos colmos no primeiro ciclo de cultivo e para TCH e TPH no segundo ciclo de cultivo.

**Tabela 4.** Teste de media para o desdobramento do fator C x RH para PC na cana-de-açúcar, Rio Verde, Goiás, safras 2011/2012 e 2012/2013

Produtividade de colmos (PC)				
N	25%	50%	75%	100%
	Médias (ton ha <sup>-1</sup> )			
ComN	214,39 a	219,42 a	237,26 a	253,66 a
SemN	202,11 b	201,33 b	222,25 b	227,47 b
C	0%	25%	50%	100%
	Médias (ton ha <sup>-1</sup> )			
Cana-planta	200,55 a	226,57 a	226,63 a	235,68 a
Cana-soca	157,41 b	189,93 b	194,13 b	223,83 b

\* Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si segundo teste Tukey a 5% de probabilidade, FV – Fontes de variação; N – nitrogênio; C – ciclo.

Para ATR, o desdobramento do fator N dentro de RH teve efeito significativo para RH de 50 e 75%, sendo as maiores médias observadas em Com N, com aumentos correspondentes a 5,11 e 4,43% quando comparados a Sem N. Já para C dentro de RH as maiores médias foram observadas em cana-soca, com aumento de 3,98; 6,85; 7,75 e 10,25%, correspondentes respectivamente a 0, 25, 50 e 100% de RH, conforme a Tabela 5. Estes valores foram superiores aos encontrados por Gouveia Neto (2012) em que o ATR médio para cana-planta e cana-soca foi 140,14 e 134,49 kg t<sup>-1</sup> de cana. Dalri e Cruz (2008), obtiveram resposta significativa da irrigação por gotejamento subsuperficial, nos dois ciclos da cultura, com incrementos de 38,4% e 72,9% na produção de ATR para cana-soca e ressoça, respectivamente.

**Tabela 5.** Teste de media para o desdobramento do fator C x RH para ATR na cana-de-açúcar, Rio Verde, Goiás, safras 2011/2012 e 2012/2013

Açúcares Totais Recuperáveis (ATR)					
N	50%			75%	
	Médias (kg ton <sup>-1</sup> )				
ComN	142,73 b			144,92 b	
SemN	150,43 a			151,64 a	
C	0%	25%	50%	75%	100%
	Médias (kg ton <sup>-1</sup> )				
Cana-planta	145,65 b	142,58 b	140,67 b	146,82 a	137,19 b
Cana-soca	151,70 a	153,07 a	152,49 a	149,75 a	152,86 a

\* Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si segundo teste Tukey a 5% de probabilidade, FV – Fontes de variação; N – nitrogênio; C – ciclo.

Gouveia Neto (2012) trabalhando com dados referentes ao rendimento de açúcar (kg de açúcar ha<sup>-1</sup>) em função da quantidade total de água recebida pela cultura em dois ciclos de cultivo observou que o aumento da quantidade total de água recebida pela cultura na época de cana-planta não causou variação no rendimento de açúcar, com média de 17.794,90 kg de açúcar ha<sup>-1</sup>, e na cana-soca a irrigação foi altamente significativa (p<0,01) pelo modelo de regressão polinomial linear em que à medida que se aumentou a quantidade total de água para a cultura, o rendimento de açúcar também aumentou.

## 6 CONCLUSÕES

A reposição hídrica apresentou maior efeito para ATR, em condições de cana-soca, e para produtividade de colmos em cana-planta.

O nitrogênio apresentou maior efeito para produtividade de colmos, em condições de cana-planta.

A produtividade de colmos e o ATR apresentaram efeito significativo, com aumentos correspondentes a 31,28 e 1,04% para cana-soca e 15,68 e 4,32% para cana-planta em função da reposição hídrica.

A adubação nitrogenada proporcionou incremento de produtividade correspondente a 27,5% na reposição hídrica de 100%.

## 7 REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D. **Crop evapotranspiration**. Rome, 1998. 297 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).

ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; BASTOS, E. A.; RIBEIRO, V. Q.; DUARTE, J. A. L.; BRAGA, D. L.; NOLETO, D. H. Níveis de água, nitrogênio e potássio por gotejamento subsuperficial em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 1, p. 76-84, 2012.

BARBOSA, E. A. A.; ARRUDA, F. B.; PIRES, R. C. M.; SILVA, T. J. A.; SAKAI, E. Cana-de-açúcar fertirrigada com vinhaça e adubos minerais via irrigação por gotejamento subsuperficial: ciclo da cana-planta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 9, p. 952-958, 2012.

DALRI, A. B. **Avaliação da produtividade da cana-de-açúcar irrigada por gotejamento subsuperficial nos três primeiros ciclos**. 2004. 89 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu, 2004.

DALRI, A. B.; CRUZ, R. L. Produtividade da cana-de-açúcar fertirrigada com N e K via gotejamento subsuperficial. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 516-524, 2008.

DALRI, A. B.; DUENHAS, L. H.; GARCIA, C. J. B.; CRUZ, R. L. Subsurface drip irrigation on sugarcane yield and quality. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 1-11, 2008.

DANTAS NETO, J.; FIGUEREDO, J. L. C.; FARIAS, C. H. A.; AZEVEDO, H. M.; AZEVEDO, C. A. V. Resposta da cana-de-açúcar, primeira soca, a níveis de irrigação e adubação de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 283-288, 2006.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Informação Tecnológica, 2013. 353 p.

FARIAS, C. H. A.; FERNANDES, P. D.; AZEVEDO, H. M.; DANTAS NETO, J. Índices de crescimento da cana-de-açúcar irrigada e de sequeiro no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 4, p. 356-362, 2008.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FRANCO, H. C. J.; OTTO, R.; FARONI, C. E.; VITTI, A. C.; OLIVEIRA, E. C. A.; TRIVELIN, P. C. O. Nitrogen in sugarcane derived from fertilizer in Brazilian field conditions. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 121, p. 29-41, 2011.

FRASSON, F. R. **Utilização de sensor ótico ativo em cana-de-açúcar**. 76 f. 2007. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2007.

GAVA, G. J. C.; KÖLLN, O. T.; URIBE, R. A. M.; TRIVELIN, P. C. O.; CANTARELLA, H. Interação entre água e nitrogênio na produtividade de cana-de-açúcar (*Saccharum sp.*). In: CRUSCIOL, C. A. C. (Org.). **Tópicos em ecofisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: FEPAF, 2010. v. 1, p. 49-66.

GAVA, G. J. de C.; SILVA, M. de A.; SILVA, R. C. da; JERONIMO, E. M.; CRUZ, J. C. S.; KÖLLN, 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.

GOUVEIA NETO, C. G. **Rendimento agroindustrial da cana-de-açúcar sob suplementação hídrica e parcelamento de nitrogênio**. 145 f. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2012.

INMAN-BAMBER, N. G.; SMITH, D. M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 92, p. 185-202, 2005.

KÖLLN, O. T. **Interação entre os estresses de nitrogênio e disponibilidade hídrica no fracionamento isotópico de  $^{13}\text{C}$  e na produtividade em soqueira de cana-de-açúcar**. 2012. 104 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciências)-Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

KORNDÖRFER, C. M.; KORNDÖRFER, G. H.; CARDOSO, K. Aplicação do silicato de cálcio na recuperação de pastagem degradada de *Brachiaria decumbens*. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25., Rio de Janeiro. **Proceedings...** Rio de Janeiro: SBCS, 2002. p.8-11.

LELIS NETO, J. A. **Aplicação de vinhaça via gotejamento subsuperficial e seus efeitos nos perfis de distribuição iônico e atributos físicos e químicos de um Nitossolo**. 138 f. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.[

OLIVEIRA, E. C. A.; FREIRE, F. J.; OLIVEIRA, A. C.; SIMÕES NETO, D. U.; ROCHA, A.T.; CARVALHO, L. A. Produtividade, eficiência de uso da água e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar submetida a diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 6, p. 617-625, 2011.

ROSSETTO, R. **Maturação da cana-de-açúcar**. 2012. Disponível em:

<[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_90\\_22122006154841.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_90_22122006154841.html)>. Acesso em: 10 out. 2014.

SMIT, M. A.; SINGELS, A. The response of sugarcane canopy development to water stress. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 98, p. 91-97, 2006.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton: Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology, 1955. 104 p. (Publications in Climatology, v. 8, n. 1).

van GENUCHTEN M. T.; LEIJ, F. J.; YATES, S. R. **RETREC: code for quantifying the hydraulic functions of unsaturated soils: version 6.02**. Riverside: University of California, 2009.

van GENUCHTEN, M. T. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, p. 892-898, 1980.

VITTI, A. C.; FRANCO, H. C. J.; TRIVELIN, P. C. O.; FERREIRA, D. A.; OTTO, R.; FORTES, C.; FARONI, C. E. Nitrogênio proveniente da adubação nitrogenada e de resíduos culturais na nutrição da cana-planta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, p. 287-293, 2011.

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