

PERFORMANCE AGROINDUSTRIAL DE CANA-DE-AÇÚCAR EM DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS

EDUARDO MAGNO PEREIRA DA SILVA¹; ADERSON SOARES DE ANDRADE JÚNIOR²; EDSON ALVES BASTOS² E VALDENIR QUEIROZ RIBEIRO²

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí - Campus Uruçuí Rodovia PI 247, S/N - Portal dos Cerrados, CEP: 64860-000, Uruçuí, Piauí, Brasil, e-mail: eduardo.silva@ifpi.edu.br

²Embrapa Meio-Norte, Avenida Duque de Caxias, n° 5.650, Bairro Buenos Aires, CEP64006-220, Teresina, Piauí, Brasil, e-mail: aderson.andrade@embrapa.br, edson.bastos@embrapa.br, valdenir.queiroz@embrapa.br

1 RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a performance agroindustrial de cana-de-açúcar (planta) em resposta a diferentes regimes hídricos aplicados por gotejamento subsuperficial. O experimento foi realizado em um argissolo vermelho amarelo distrófico, na Embrapa Meio-Norte, em Teresina, Piauí, durante o período de outubro de 2015 a setembro de 2016. Modelou-se o experimento em delineamento experimental de blocos casualizados em parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por quatro regimes hídricos (irrigação mais precipitação pluviométrica) baseados em frações da evapotranspiração de cultura (50% ET_c = 1.374,3; 80% ET_c = 1.534,2; 110% ET_c = 1.712,0 e 150% ET_c = 1.905,8 mm) e as subparcelas por dez variedades de cana-de-açúcar (RBUFRPE01, RBUFRPE02, RBUFRPE03, RBUFRV01, RB036066, RB987935, RB935744, RB943538, RB92579 e RB867515). As características tecnológicas de qualidade do caldo da cana e rendimentos de açúcar e álcool foram alterados pelos regimes hídricos e variedades. Os maiores teores de Brix (22,5%), Fibras (13,3%), Polcaldo (17,5%) e Polcana (13,9%) foram obtidos com as variedades RB867515, RB935744, RB943538 e RB935744, respectivamente. Os rendimentos de açúcar (32,2 Mg ha⁻¹) e álcool (23 m³ ha⁻¹) foram alcançados com a variedade RB935744 e reposição hídrica próxima a 110% da ET_c.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum*, eficiência da água, manejo da irrigação.

SILVA, E. M. P.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; RIBEIRO, V. Q.
AGRO-INDUSTRIAL PERFORMANCE OF SUGARCANE IN DIFFERENT WATER REGIMES

2 ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the agro-industrial performance of sugarcane varieties (cane plant) in response to different water regimes applied by subsurface drip irrigation. The experiment was carried out in a dystrophic yellow red acrisol at Embrapa Middle North, Teresina, Piauí State, Brazil, from October 2015 to September 2016. The experiment was designed in a randomized block design in subdivided plots, with four replications. The plots consisted of four water regimes (irrigation plus rainfall) based on crop evapotranspiration fractions (50% ET_c = 1,374.3 mm, 80% ET_c = 1,534.2 mm, 110% ET_c = 1,712.0 mm and

150% ETc = 1,905.8 mm) and the subplots per ten varieties of sugarcane (RBUFRPE01, RBUFRPE02, RBUFRPE03, RBUFV01, RB036066, RB987935, RB935744, RB943538, RB92579 and RB867515). The technological quality characteristics of sugarcane juice and yields of sugar and alcohol were affected by water regimes and varieties. The highest contents of Brix (22.5%), Fibers (13.3%), Pol-juice (17.5%) and Pol-stalk (13.9%) were obtained with varieties RB867515, RB935744, RB943538 and RB935744, respectively. The maxim yields of sugar (32.2 Mg ha⁻¹) and alcohol (23 m³ ha⁻¹) were obtained with variety RB935744 and water replenishment close to 110% of the ETc.

Keywords: *Saccharum officinarum*, water efficiency, irrigation management.

3 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é uma cultura de grande importância econômica para o Brasil, devido suas diversas finalidades. Além de matéria-prima para a produção de açúcar e álcool, os seus subprodutos e resíduos podem servir para cogeração de energia elétrica (bagaço), fertilizante em lavouras (vinhaça, torta de filtro), fabricação de ração animal (leveduras), alimentação humana (rapadura, melação), dentre outros (TORRES et al., 2012).

O cultivo da cana-de-açúcar vem apresentando aumento significativo em decorrência da expansão de novas áreas em vários estados brasileiros (FERNANDES JÚNIOR et al., 2010), além do aumento da capacidade produtiva devido ao aperfeiçoamento dos sistemas de manejo, seleção de variedades mais produtivas e utilização da irrigação. Os estados de Tocantins, Maranhão e Piauí apresentam áreas promissoras de expansão para a cana-de-açúcar e possuir terras de baixo valor econômico, onde os investidores, a longo prazo, poderão ter um retorno significativo (FERRO; CASTRO, 2013).

Dentre os métodos de irrigação pressurizados utilizados na cana-de-açúcar, destacam-se a aspersão, por pivô central e o método localizado por gotejamento subsuperficial. A irrigação por gotejamento subsuperficial apresenta melhor adaptação às características de cultivo da cana-de-

açúcar (FERREIRA JÚNIOR et al., 2014) e melhor eficiência de aplicação de água (GIL et al., 2008), o que é extremamente necessário em regiões áridas e semiáridas.

A produtividade nos canaviais e a qualidade industrial da matéria-prima no cultivo da cana-de-açúcar são as principais preocupações do setor sucroalcooleiro para atender as exigências das indústrias no Brasil, a fim de se obter um produto economicamente competitivo (DANTAS NETO et al., 2006), pois a concentração de açúcares tem a sua destacada importância, uma vez que a partir destes são obtidos os demais subprodutos da cana-de-açúcar, dependendo diretamente de parâmetros tecnológicos como o teor de sólidos solúveis (°Brix), teor de sacarose (%), pureza do caldo (%), fibras (%) e percentagem de açúcar bruto (%), e por meio destes é possível estimar o valor da tonelada da cana produzida e o seu potencial econômico (CORREIA et al., 2014).

Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade industrial, o rendimento de açúcar e álcool de variedades de cana-de-açúcar em resposta a diferentes regimes hídricos aplicados por gotejamento subsuperficial, na microrregião de Teresina, PI.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi realizado no Campo Experimental da Embrapa Meio-Norte, em

Teresina, PI, (5°05'S e 42°29'W, a 72 m), durante o ciclo de cana-planta, no ano agrícola de 2015/2016.

O solo da área foi classificado como argissolo vermelho amarelo distrófico

(MELO et al., 2014), cujas características químicas e físico-hídricas são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química e físico-hídrica do solo da área experimental. Campo Experimental da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI, 2015

Parâmetro	Profundidade (m)	
	0-0,2	0,2-0,4
Parâmetros químicos		
MO (g kg ⁻¹)	17,71	7,06
pH H ₂ O	7,70	7,27
P (mg dm ⁻³)	5,93	2,57
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	1,28	2,43
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,05	0,05
Ca (cmol _c dm ⁻³)	7,74	1,42
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,02	0,70
K (cmol _c dm ⁻³)	0,19	0,15
CTC (cmol _c dm ⁻³)	6,51	6,82
V (%)	37,79	26,95
Parâmetros físico-hídricos		
Densidade (Mg m ⁻³)	1,45	1,75
Areia (g kg ⁻¹)	723,8	674,3
Silte (g kg ⁻¹)	140,2	136,3
Argila (g kg ⁻¹)	136,0	189,4
Θ _{cc} (m ³ m ⁻³)	0,319	0,205
Θ _{mp} (m ³ m ⁻³)	0,084	0,068
CAD (mm)	47,0	27,4
AFD (mm)	23,5	13,7
Textura	Franco-arenoso	Franco-arenoso

Θ_{cc}: umidade do solo na capacidade de campo; Θ_{mp}: umidade do solo no ponto de murcha permanente; CAD: capacidade de água disponível; AFD: água facilmente disponível.

Avaliaram-se dez variedades de cana-de-açúcar (RBUFRPE01, RBUFRPE02, RBUFRPE03, RBUFRV01, RB036066, RB987935, RB935744, RB943538, RB92579 e RB867515), submetidos a quatro regimes hídricos (irrigação mais precipitação), aplicados com base na evapotranspiração da cultura (ET_c): RH1 – 50% ET_c, RH2 – 80% ET_c, RH3 – 110% ET_c e RH4 – 150% ET_c (Tabela 2).

Os coeficientes de cultura utilizados para o cálculo da ET_c foram os recomendados pela FAO (ALLEN et al., 1998). A evapotranspiração de referência (ET_o) foi estimada pelo método de Penman – Monteith, com base nos dados climáticos obtidos de uma estação agrometeorológica automática instalada na Embrapa Meio-Norte.

Tabela 2. Lâminas totais de água aplicadas em cada regime hídrico (RH).

Regime hídrico	LI-A* (mm)	LI-D** (mm)	LT (mm)	P (mm)	Total (mm)
RH1 (50% ETc)	359,5	245,6	605,1	769,2	1.374,3
RH2 (80% ETc)	360,5	404,5	765,0	769,2	1.534,2
RH3 (110% ETc)	364,3	578,5	942,8	769,2	1.712,0
RH4 (150% ETc)	360,0	776,6	1.136,6	769,2	1.905,8

*LI-A: lâmina de irrigação antes da aplicação dos regimes hídricos diferenciados (mm), **LI-D: lâmina de irrigação durante a aplicação dos regimes hídricos diferenciados (mm), LT - lâmina de irrigação total (mm) P: precipitação (mm).

O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, com os tratamentos dispostos em parcelas subdivididas (RH nas parcelas e variedades nas subparcelas). Antes de proceder à análise estatística dos dados, realizou-se uma análise de resíduos para todos os caracteres, a fim de avaliar a existência de dados discrepantes, a heterocedasticidade de variância e o ajuste dos erros a uma distribuição aproximadamente normal (NOGUEIRA, 2007). Após a análise de variância, fez-se o uso da regressão, seguindo o método proposto por Zimmermann (2014). Estimaram-se modelos de primeiro e segundo grau para as lâminas dentro de cada variedade e, em função do teste t, obteve-se a seleção do melhor modelo com o auxílio das significâncias de cada parâmetro, aceitando nível de significância até o limite de 15% de probabilidade (CONAGIN; JORGE, 1982). Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se *software* SAS (SAS INSTITUTE, 2015).

Os RH foram sempre aplicados às segundas, quartas e sextas-feiras, repondo-se a ETc acumulada no período entre duas irrigações consecutivas. O sistema de irrigação utilizado foi gotejamento subsuperficial, emissores com vazão nominal de 2 L h⁻¹, espaçadas de 2 m entre si e enterradas a 0,25 m de profundidade. Cada

linha gotejadora foi enterrada no centro de duas linhas de cana-de-açúcar, espaçadas entre si de 0,5 m. Instalaram-se hidrômetros para controle e medição do volume de água aplicado em cada regime hídrico. As parcelas foram constituídas por uma fileira dupla de 10 m de comprimento de cada variedade. A área útil da parcela compreendeu 20 m².

O preparo do solo constou de uma aração e duas gradagens cruzadas. Procedeu-se, dois meses antes do plantio, à calagem do solo com a aplicação de 1 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico.

A aplicação de fertilizantes (macro e micronutrientes) foi realizada totalmente por fertirrigação, com frequência semanal para os macros e mensal para os micros, com base na seguinte recomendação: 90 kg ha⁻¹ de N (ureia), 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (MAP), 100 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio) e uma formulação de micronutrientes composta por 6,5 kg ha⁻¹ de ácido bórico, 7 kg ha⁻¹ de óxido de zinco, 6 kg ha⁻¹ de óxido de cobre, 11 kg ha⁻¹ de óxido de manganês e 1 kg ha⁻¹ de molibdato de sódio (ANDRADE JÚNIOR et al., 2012).

Por ocasião da colheita, foram coletados dez colmos ao acaso, os quais foram submetidos às análises tecnológicas de acordo com a metodologia definida pela Consecana (2006) para avaliação dos parâmetros de qualidade industrial da cana-de-açúcar: teor de sólidos solúveis (Brix em

%), fibra industrial (%), sacarose do caldo (Polcaldo em %), sacarose da cana (Polcana em %) e pureza (PZA em %). Com os resultados desses parâmetros, estimou-se o rendimento bruto de açúcar (RBAC, em Mg ha⁻¹) e o rendimento bruto de álcool (RBA, em m³ ha⁻¹), seguindo as equações de Caldas (1998).

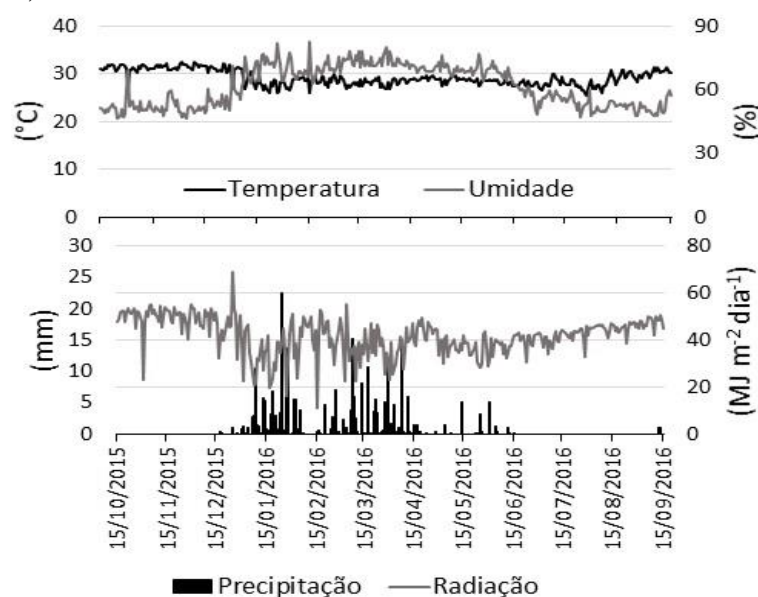
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios diários dos elementos meteorológicos, temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar e precipitação total, ocorridos durante o período experimental, estão apresentados na Figura 1. Verificou-se baixa variação da temperatura do ar ao longo do ciclo da cultura, com máxima de 32,6°C, no mês de dezembro, e mínima de 25,5°C, no mês de julho. A temperatura permaneceu na faixa considerada ideal para o desenvolvimento da cana-de-açúcar, entre 20°C a 38°C, sendo de 25°C a 35°C a faixa ótima para o crescimento dos colmos (RODRIGUES, 1995).

Quanto à umidade relativa do ar, entre os meses de janeiro a maio de 2016, observou-se elevação da umidade relativa do ar, com máxima (82,5%) e mínima (46,5%), alcançadas nos meses de fevereiro e outubro, respectivamente, acompanhando de forma inversa as variações de temperatura do ar. O ideal é que, durante o crescimento da planta, a umidade esteja entre 80 e 85%, fator que favorece o alongamento rápido da cana, durante o amadurecimento a umidade deve ficar entre 45 e 65%, contribuindo para o acúmulo de açúcar na cana (FREITAS, 2007).

A radiação solar global atingiu valor máximo (25,9 MJ m⁻²) em dezembro de 2015 e mínimo (4,1 MJ m⁻²) em fevereiro de 2016. A cana-de-açúcar se desenvolve melhor em áreas que recebem energia solar de 18 a 36 MJ m⁻², sendo capaz de produzir altos índices fotossintéticos. A luz afeta a qualidade, a produtividade e o perfilhamento da cana-de-açúcar, sendo que alta intensidade de luz e longa duração promovem perfilhamento, enquanto dias curtos e nublados afetam de forma inversa (FREITAS, 2007).

Figura 1. Médias diárias da temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%), radiação solar global (MJ m⁻²) e precipitação diária total (mm), no período de outubro de 2015 a setembro de 2016. Dados obtidos da Estação Meteorológica da Embrapa Meio-Norte, Teresina, Piauí.



A precipitação total foi de 769,2 mm, entre outubro de 2015 a setembro de 2016 e os maiores índices de chuvas foram registrados nos meses de janeiro a abril de 2016, perfazendo um acúmulo de 700 mm, correspondendo a 91% do total precipitado no período avaliado. Durante esses meses, foram registrados os maiores percentuais de umidade do ar e os menores valores de radiação solar e de temperatura do ar, característico do período chuvoso, enquanto os demais meses (maio a setembro) compreenderam os períodos de menores precipitações da região (BASTOS; ANDRADE JÚNIOR, 2016). De forma geral, as condições climáticas na região durante o período experimental foram propícias para o bom desenvolvimento da cana-de-açúcar.

As características de qualidade do caldo e rendimento industrial - teor de sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix em %), rendimento bruto de açúcar (Mg ha^{-1}) e rendimento bruto de álcool ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) - foram influenciados ($p \leq 0,01$) pelos regimes hídricos (RHs). O teor de sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix), o teor de fibra industrial (%Fibra), o rendimento bruto de açúcar (RBAC, em Mg ha^{-1}) e o rendimento bruto de álcool (RBA, em $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) foram significativamente influenciados ($p \leq 0,01$) pelas variedades. A interação RH e variedades influenciou ($p \leq 0,01$) todas as características, exceto a pureza (PZA, em %), indicando que a variabilidade dos RH impostos foi capaz de ocasionar alteração significativa ($p < 0,01$) nas características de qualidade das variedades de cana-de-açúcar avaliadas (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância (quadrados médios), referentes ao teor de sólidos solúveis (Brix), teor de Fibra, teor de sacarose do caldo (Polcaldo), pureza do caldo (PZA), teor de sacarose da cana (Polcana), rendimento bruto de açúcar (RBAC) e rendimento bruto de álcool (RBA) de colmos de cana-de-açúcar. Embrapa Meio-Norte, Teresina, Piauí.

FV	GL	Brix	Fibra	Polcaldo	PZA	Polcana	RBAC	RBA
Bloco	3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
RHs	3	**	ns	s	**	ns	**	**
Erro(a)	9	0,28	0,04	0,81	32,24	0,53	11,6	5,87
Variedade	9	**	**	ns	ns	ns	**	**
RH*Var	27	**	**	**	ns	**	**	**
Erro(b)	108	0,79	0,03	0,48	23,07	0,34	3,94	1,95
CV(a)		1,09	0,66	2,35	3,22	2,29	6,57	6,56
CV(b)		4,1	1,36	4,04	6,09	4,13	8,57	8,47
Média Geral		21,78	12,95	17,15	78,83	14,29	23,18	16,53

ns: não significativo a ($p \geq 0,005$); *: significativo a ($0,01 \leq p \leq 0,05$); **: significativo a ($p \leq 0,01$), pelo teste "F".

Houve efeito linear para as variedades RB036066 e RB867515 em referência ao Brix, enquanto as demais variedades obtiveram respostas quadráticas para os parâmetros de qualidade do caldo e rendimento bruto de açúcar e álcool. Não

houve equações de ajustes para todos os parâmetros avaliados. A variedade RB92579 não se ajustou a nenhum modelo de regressão linear e/ou quadrático sugeridos (Tabela 4).

Tabela 4. Equações de regressão para performance agroindustrial, rendimento bruto de açúcar e álcool em variedades de cana-de-açúcar em função das lâminas totais de água aplicada (L, mm). Embrapa Meio-Norte, Teresina-PI, 2015/2016.

Variedade	Equação de regressão	L	V.e.	R ²
RBUFRPE 03	RBAC=-58.44550+0.09802**L-0.00002**L ²	1666,2	23,2	0,75**
	RBA=-41.45727+0.06959**L-0.00002**L ²	1667,1	16,6	0,75**
RBUFV01	FIBRA= 22.68645-0.01281**L+0.00000**L ²	1591,5	12,5	0,98**
	RBAC=-61.72829+0.10134**L-0.00003***L ²	1688,9	23,9	0,86**
RBUFRPE 01	RBA= -44.13985+0.07238**L-0.00002**L ²	1689,5	17,0	0,87**
	RBAC=-99.12347+0.14848**L-0.00004**L ²	1687,3	26,2	0,89**
RB036066	RBA=-70.58294+0.10572**L-0.00003**L ²	1687,6	18,6	0,90**
	BRIX=17.68860+0.00222*L	1905,8	21,9	0,66*
RB987935	RBAC=11.40566+0.00781**L	1905,8	26,3	0,74*
	RBA=8.17782+0.00554**L	1905,8	18,7	0,45*
RB987935	BRIX= 69.25841-0.06113**L+0.00001**L ²	1605,7	20,2	0,56**
	FIBRA= 20.76251-0.01034**L+0.00000**L ²	1567,7	12,7	0,99**
RB987935	POLCALDO= 59.18173- 0.05353**L+0.00001**L ²	1617,0	15,9	0,96**
	POLCANA= 44.29907-0.03806**L+0.00001**L ²	1620,0	13,5	0,85**
RBUFRPE 02	RBAC= -119.78394+0.17203**L-0.00005**L ²	1683,7	25,0	0,53**
	RBA=-86.67372+0.12430**L-0.00003**L ²	1682,6	17,9	0,53**
RB935744	RBAC=-54.14988+0.09424**L-0.00002**L ²	1682,0	25,1	0,72**
	RBA=-38.91110+0.06759**L-0.00002**L ²	1681,6	17,9	0,72**
RB935744	BRIX=48.10410-0.03372*L+0.00001*L ²	1579,5	21,5	0,47*
	FIBRA=3.57364+0.01230**L-0.00000**L ²	1588,9	13,3	0,66**
RB935744	POLCALDO=35.96363-0.02492*L+0.00000*L ²	1534,1	16,9	0,71 ^Δ
	POLCANA=32.33505-0.02388*L+0.00000*L ²	1540,9	13,9	0,83*
RB943538	RBAC=-187.21959+0.25652**L-0.00007**L ²	1711,2	32,3	0,82**
	RBA=-134.31227+0.18401**L-0.00005**L ²	1709,8	23,0	0,82**
RB943538	POLCALDO=-0.30701+0.02246*L-0.00000*L ²	1582,9	17,5	0,95 ^Δ
	RBAC=-66.99662+0.11280**L-0.00003**L ²	1682,7	27,9	0,94**
RB867515	RBA=-47.21160+0.07970**L-0.00002**L ²	1684,1	19,9	0,95**
	BRIX=25.29708-0.00204*L	1374,3	22,5	0,15*
RB867515	RBAC=-87.01846+0.13126**L-0.00003**L ²	1684,9	23,6	0,99**
	RBA=-61.66306+0.09309**L-0.00002**L ²	1685,5	16,8	0,99**

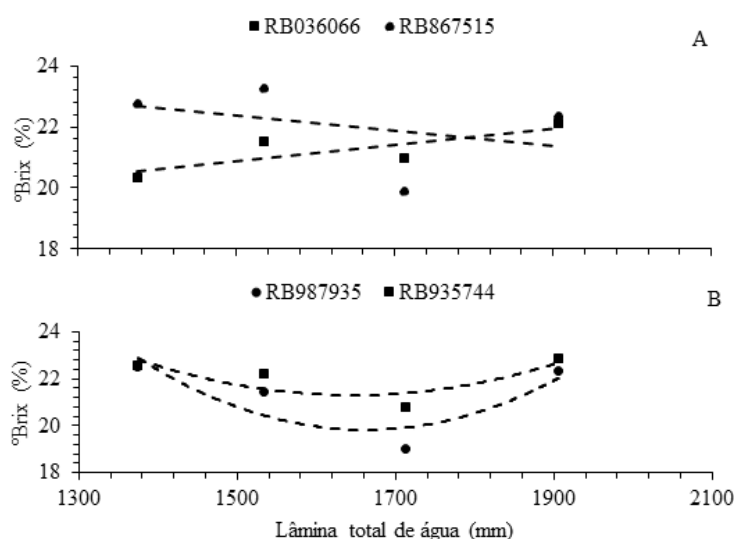
Níveis de significância dos coeficientes da equação de regressão: **: 0,001 ≥ P ≥ 0,01; * 0,05 ≥ P ≥ 0,01; pelo teste “t”. Níveis de significância para o coeficiente de determinação (R²): * significativo a (0,01 ≤ p ≤ 0,05); **: significativo a (p ≤ 0,01); ^Δ: significativo a (0,15 ≤ p ≤ 0,10), pelo teste “F”. V. e.: valor máximo e mínimo estimado.

Os valores de Brix foram influenciados linearmente pelos regimes hídricos para as variedades RB036066 e RB867515. Todavia, os valores percentuais de Brix da variedade RB036066 decresceu com o aumento das lâminas de água aplicadas, enquanto para a variedade RB867515 tenderam a aumentar com a elevação da água (Figura 2A). Considerando-se as lâminas totais de água estudadas, os maiores valores de Brix para essas variedades (21,9 e 22,5%) foram

alcançados com a aplicação de 1905,8 e 1374,3 mm, respectivamente.

Para as variedades RB987935 e RB935744, constatou-se efeito quadrático, cujos valores de Brix tenderam a reduzir com pontos de mínimos 20,2 e 21,5% com aplicação das lâminas totais de água 1.605,7 e 1.579,5 mm, respectivamente (Figura 2B). Verificou-se também que essas variedades apresentaram uma tendência a diminuir o Brix quando as lâminas totais de água foram maiores.

Figura 2. Teor de sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix, em %) das variedades de cana-de-açúcar (RB036066, RB867515, RB987935 e RB935744) em função das lâminas totais de água aplicadas em cada regime hídrico.



O teor de sólidos solúveis é um dos atributos qualitativos mais importantes para a indústria canavieira, visto ser um dos componentes que definem o rendimento em açúcar (COSTA et al., 2011), sendo considerado aceitável a partir de 18%, o que resulta em bom aproveitamento do caldo para a indústria sucroalcooleira. No presente estudo, os valores de Brix encontram-se superiores ao considerado satisfatório, o que pode ser atribuído ao período ideal para a colheita, em que a cana-de-açúcar já tinha atingido sua maturação fisiológica, aliada também ao bom manejo da irrigação empregado.

Oliveira et al. (2014), avaliando as características industriais de duas variedades de cana-de-açúcar (RB855453 e SP801816) em diferentes épocas de supressão de irrigação e níveis de adubação em Janaúba, MG, obtiveram média geral de 24,3% no teor de sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix em %), valores ligeiramente superiores ao deste estudo. As diferenças nos valores de Brix em relação ao presente estudo devem-se, possivelmente, à distinção de aplicação de água entre os sistemas de irrigação empregados.

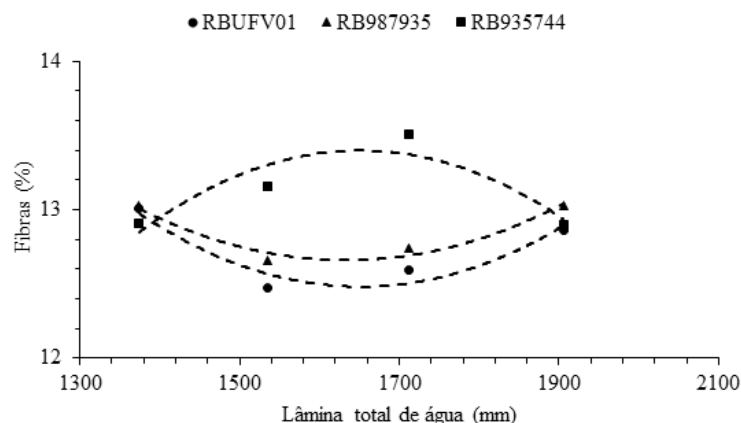
Avaliando características morfológicas (altura de planta, diâmetro do colmo, número de folhas, número de

perfilhos, área foliar, comprimento da folha e largura da folha) e produtivas (massa seca de folhas, teor sólidos solúveis e peso de colmos) e suas correlações em diferentes variedades de cana-de-açúcar (RB72910, RB99382, RB72454, RB855536, RB92579 e RB931011), Maia Júnior et al. (2018) encontraram teor máximo próximo de 21% de Brix com a variedade RB855536. Estudando os parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar SP791011 em função de diferentes lâminas de irrigação (L0 = zero mm de água de irrigação); L1=13,8; L2=27,5 e L3=41,3 mm) e adubação de cobertura, Correia et al. (2014) encontraram valores médios de 21% de Brix, valores bem similares ao presente estudo.

Avaliando-se o teor de fibras (%) das variedades em todos os regimes hídricos, observa-se que as variedades RBUFV01, RB987935 e RB935744 apresentaram resposta quadrática à aplicação das lâminas

totais de água (Figura 3). Para as variedades RBUFV01 e RB987935, os valores de fibras tenderam a reduzir com pontos de mínimos 12,5 e 12,7%, quando aplicaram-se 1591,5 e 1567,7 mm, respectivamente. Já na variedade RB935744, com o aumento da lâmina de água, ocorre também o aumento de fibras, até um ponto de máximo (13,3%) e, em seguida, o percentual de fibras diminuiu. Essa variedade obteve um menor teor de Brix e maior teor de fibras em relação ao aumento das lâminas totais de água. Do ponto de vista industrial, maior quantidade de fibras é aumento do volume de bagaço que, por sua vez, fornece um grande potencial energético, tanto para a geração de energia quanto para a produção de álcool (LAVANHOLI, 2010). Em trabalho realizado em Planaltina, DF, com variedades de cana-de-açúcar (RB855156, RB835486 e RB867515), Rodolfo Júnior et al. (2016) obtiveram teores de fibras entre 9,8 e 10,9%.

Figura 3. Percentagem de fibras das variedades de cana-de-açúcar (RBUFV01, RB987935 e RB935744) em função das lâminas totais de água aplicadas em cada regime hídrico.



Analisando três variedades de cana-de-açúcar (RB72454, SP791011 e SP801842) e dois regimes hídricos (irrigado e não irrigado), Dias et al. (2012) encontraram média de fibras de 14,3% para a variedade SP801842. Estudando os parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar SP791011 em função de diferentes lâminas de irrigação (L0 = zero mm de água de irrigação); L1=13,8; L2=27,5 e L3=41,3

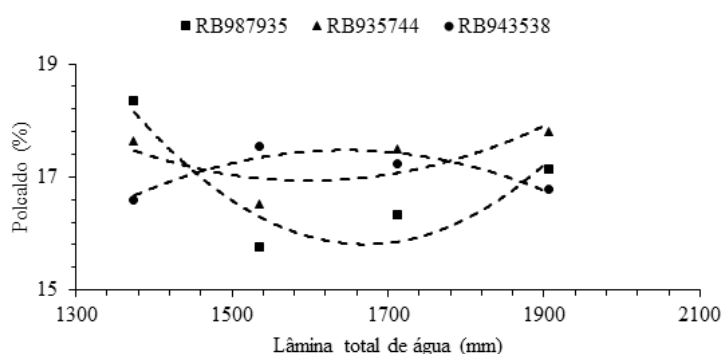
mm) e adubação de cobertura, Correia et al. (2014) encontraram valores médios de 16,6%, valores de fibras superiores ao encontrado neste trabalho. Essa diferença no teor de fibras entre os estudos pode ser explicada pela própria genética das cultivares empregadas no estudo em produzir mais fibras.

Analisando-se o POLcaldo das variedades em todos os regimes hídricos,

observa-se que as variedades RB987935, RB935744 e RB943538 apresentaram resposta quadrática à aplicação das lâminas totais de água (Figura 4). Nota-se que os valores de POLcaldo das variedades RB987935 e RB935744 apresentaram uma tendência a diminuir com o aumento das lâminas de água, alcançando pontos mínimos de 15,9 e 16,9% quando se aplicou

1617 e 1534,1 mm, respectivamente. Vale destacar que essas variedades obtiveram tendência semelhante ao Brix, ou seja, existe uma correlação positiva entre esses dois atributos qualitativos, visto que o POLcaldo representa a percentagem de sacarose contida no caldo de cana-de-açúcar (FERNANDES, 2000).

Figura 4. POLcaldo das variedades de cana-de-açúcar (RB987935, RB935744 e RB943538) em função das lâminas totais de água aplicadas em cada regime hídrico.

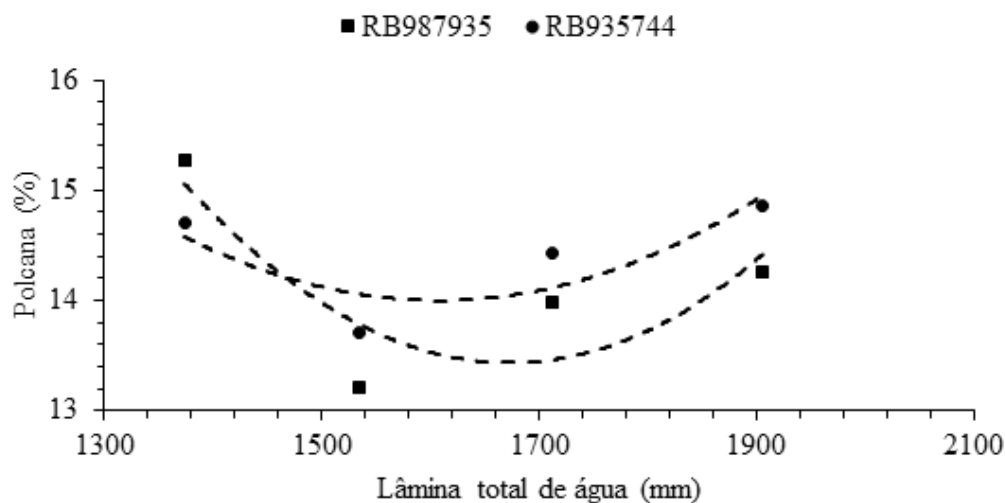


A variedade RB943538, com o aumento da lâmina de água, apresentou aumento do POLcaldo, até um ponto máximo de 17,5%, com a lâmina de água de 1582,9 mm e acima dessa lâmina o percentual diminuiu. Em trabalho realizado em Capim, PB, com a variedade de cana-de-açúcar SP791011, Carvalho et al. (2008) obtiveram valor médio de 18,1%. Oliveira et al. (2014), avaliando variedades de cana-de-açúcar (RB855453 e SP801816) em seis níveis distintos de adubação NK em Janaúba, MG, obtiveram valores médios de 21% para sacarose do caldo.

Avaliando-se a sacarose da cana (POLcana, em %) das variedades em todos os regimes hídricos, as variedades RB987935 e RB935744 apresentaram resposta quadrática à aplicação das lâminas totais de água (Figura 5). Observa-se que os

valores de sacarose da cana apresentaram uma tendência a diminuir com o aumento das lâminas totais de água, atingindo pontos de mínimos 13,5 e 13,9% quando se aplicou 1620 e 1540,9 mm, respectivamente. Considerando a variedade RB987935, tendência semelhante foi verificada para percentagem de Brix, fibras e POLcaldo. Com a variedade RB935744, obteve-se a mesma tendência, exceto para percentagem de fibras. Isso pode ser explicado devido ao maior teor de fibras encontrado nessa variedade, uma vez que POLcana representa a percentagem de sacarose contida na cana (caldo + fibras) (FERNANDES, 2000). A Consecana (2006) aponta que uma cana-padrão deve apresentar sacarose da cana mínimo de 12%. Portanto, na colheita, ambas as variedades apresentaram valores superiores à referência.

Figura 5. Polcana das variedades de cana-de-açúcar (RB987935 e RB935744) em função das lâminas totais de água aplicadas em cada regime hídrico.



Estudando os parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar SP791011 em função de diferentes lâminas de irrigação (L0 = zero mm de água de irrigação); L1=13,8; L2=27,5 e L3=41,3 mm) e adubação de cobertura, Correia et al. (2014), em Capim, PB, encontraram valores médios de sacarose da cana de 18,6%. Oliveira et al. (2014), avaliando variedades de cana-de-açúcar (RB855453 e SP801816) em seis níveis distintos de adubação NK em Janaúba, MG, obtiveram valores de 17,6% para sacarose da cana, valores superiores aos encontrados no presente trabalho, porém com níveis diferenciados de adubação.

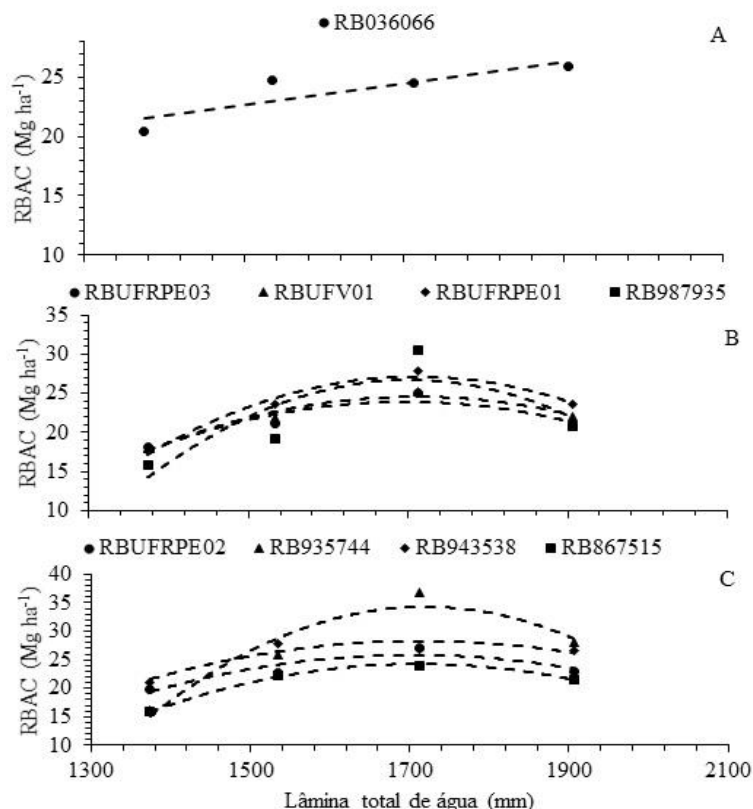
Analisando-se o rendimento bruto de açúcar (RBAC, em Mg ha⁻¹) das variedades em todos os regimes hídricos, observa-se que a variedade RB036066 respondeu de forma linear à aplicação das lâminas totais de água (Figura 6A), tendência semelhante foi observada para a percentagem de Brix, apontando que a qualidade do caldo se sobressaiu em relação à produtividade de colmos para compor os resultados de rendimento bruto de açúcar. Com o uso da maior lâmina de água (1905,8 mm), o máximo rendimento bruto de açúcar alcançado por essa variedade foi 26,3 Mg ha⁻¹.

As variedades RBUFRPE03, RBUFV01, RBUFRPE01, RB987935, RBUFRPE02, RB935744, RB943538 e RB867515 apresentaram resposta quadrática à aplicação das lâminas totais de água (Figura 6B e 6C). Nesse caso, o aumento das lâminas de água ocasionou um maior rendimento bruto de açúcar (RBAC, em Mg ha⁻¹) até um ponto máximo e em seguida houve uma redução. Para as variedades RBUFRPE03 e RBUFRPE01, o máximo rendimento bruto de açúcar foi de 23,2 e 26,2 Mg ha⁻¹ com aplicação de 1666,3 e 1687,3 mm de água, respectivamente, apontando que essas variedades obtiveram a mesma tendência para a produtividade de colmos, o que evidencia que esse parâmetro sobressaiu-se em relação à qualidade do caldo para composição dos dados de rendimento bruto de açúcar.

Já para as variedades RB987935, RB935744 e RB943538, utilizando as lâminas totais de água 1683,7, 1711,2 e 1682,7 mm, o máximo rendimento bruto de açúcar obtidos foram de 25, 32,3 e 27,9 Mg ha⁻¹, respectivamente, expressando que essas variedades obtiveram uma correlação positiva em referência a produtividade de colmos e qualidade do caldo, o que indica

que o rendimento bruto de açúcar apontou influência desses parâmetros.

Figura 6. Rendimento bruto de açúcar das variedades de cana-de-açúcar (RB036066, RBUFRPE03, RBUFV01, RBUFRPE01, RB987935, RBUFRPE02, RB935744, RB943538, RB867515) em função das lâminas totais de água aplicadas em cada regime hídrico.



O melhor desempenho foi verificado pela variedade RB935744 (32,3 Mg ha⁻¹), demonstrando ser uma variedade que responde ao aumento da lâmina de água a um valor bem próximo de 110% da ETc (1.711,2 mm).

Andrade Júnior et al. (2012), avaliando níveis de irrigação, nitrogênio e potássio em cana-de-açúcar, variedade RB867515, aplicados por gotejamento subsuperficial, em ciclo de primeira soca no município de União, PI, atingiram como máximo de RBAC de 25,3 Mg ha⁻¹, com 1154,0 mm, associada à aplicação dos níveis de 90,0 kg ha⁻¹ de N e de 60,0 kg ha⁻¹ de K₂O, valor similar encontrado no presente trabalho. Cunha et al. (2016), com o objetivo de avaliar o rendimento de açúcar da cana-

de-açúcar submetida aos diferentes regimes hídricos via gotejamento subsuperficial em Rio Verde, GO, encontraram RBAC de 34,8 Mg ha⁻¹ para cana-planta. Nascimento (2017), em estudo com a variedade RB92579 cana-planta nas condições do Meio Norte Piauiense, observaram máximo de RBAC de 28,8 Mg ha⁻¹, utilizando gotejamento subsuperficial combinado com níveis de 180 kg ha⁻¹ de N e 60 kg ha⁻¹ de K₂O. A combinação entre o nível de manejo de água e de fertilidade do solo explicam as diferenças nos valores de RBAC entre esses estudos.

Como o aumento no rendimento de álcool é condicionada ao aumento do rendimento de açúcar e, portanto, corresponderem à mesma proporção, ou

seja, há uma correlação positiva entre esses dois parâmetros, espera-se que as variedades tenham o mesmo desempenho quando submetidas ao rendimento de álcool.

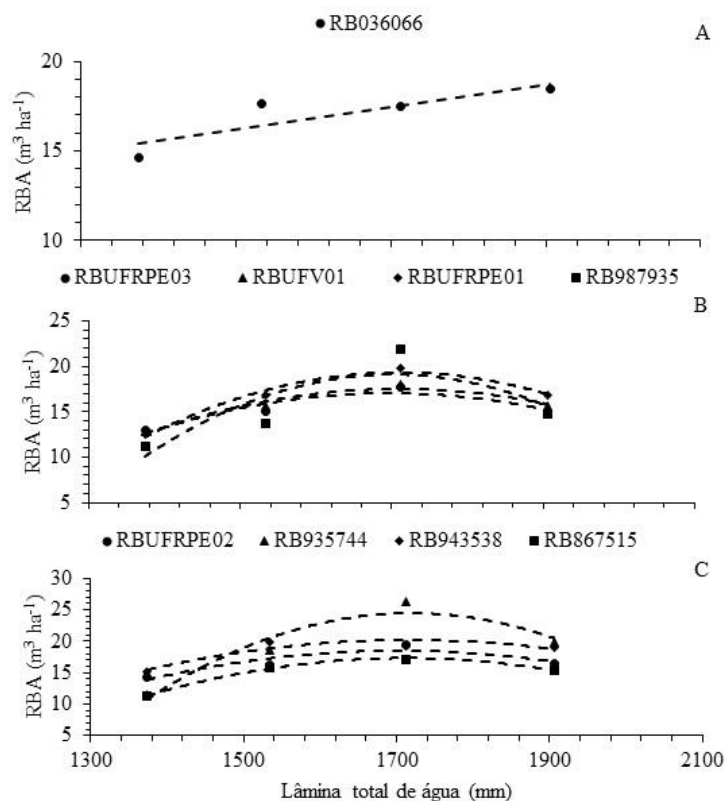
Verificando-se o rendimento bruto de álcool (RBA, em $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) das variedades em todos os regimes hídricos, observa-se que a variedade RB036066 respondeu de forma linear à aplicação das lâminas totais de água (Figura 7A). Tendência semelhante foi observada para percentagem de Brix, indicando que a qualidade do caldo se sobressaiu em relação à produtividade de colmos para gerar os resultados de

rendimento bruto de álcool. Com o uso da maior lâmina de água (1.905,8mm), o máximo rendimento bruto de álcool obtido foi

$18,7 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$.

As variedades RBUFRPE03, RBUFV01, RBUFRPE01, RB987935, RBUFRPE02, RB935744, RB943538 e RB867515 apresentaram resposta quadrática à aplicação das lâminas totais de água (Figura 7B e 7C). Nesse caso, o aumento das lâminas de água propiciou um maior RBA até um ponto máximo e, em seguida, houve uma redução.

Figura 7. Rendimento bruto de álcool das variedades de cana-de-açúcar (RB036066, RBUFRPE03, RBUFV01, RBUFRPE01, RB987935, RBUFRPE02, RB935744, RB943538, RB867515) em função das lâminas totais de água aplicadas em cada regime hídrico.



Para as variedades RBUFRPE03 e RBUFRPE01, o máximo rendimento bruto de álcool foi $16,6$ e $18,6 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$, com aplicação de $1667,1$ e $1687,6 \text{ mm}$ de água, respectivamente, apontando que essas variedades obtiveram a mesma resposta em

referência à produtividade de colmos, o que evidencia que esse parâmetro sobressaiu-se em relação à qualidade do caldo para compor os dados de rendimento bruto de álcool. Já para as variedades RB987935, RB935744 e RB943538, utilizando as lâminas de

irrigação 1682,6, 1709,8 e 1684,1 mm de água, os máximos rendimentos brutos de álcool obtidos foram de 17,9, 23,0 e 19,9 m³ ha⁻¹, respectivamente, expressando que essas variedades obtiveram uma correlação positiva em referência à produtividade de colmos e qualidade do caldo, o que indica que o rendimento bruto de álcool apontou influência desses parâmetros.

O melhor desempenho foi verificado pela variedade RB935744 (23 m³ ha⁻¹), demonstrando ser uma variedade que responde ao aumento da lâmina de água a um valor próximo de 110% da ETc (1.709,8 mm).

Andrade Júnior et al. (2012), avaliando níveis ótimos de irrigação, nitrogênio e potássio em cana-de-açúcar, variedade RB867515, aplicados por gotejamento subsuperficial, em ciclo de primeira soca no município de União, PI, atingiram como máxima de RBA 20 m³ ha⁻¹, corroborando os valores encontrados no presente trabalho. Todavia, Cunha et al.

(2016), estudando lâminas de irrigação e doses de nitrogênio em cana-de-açúcar de primeiro ciclo em Rio Verde, GO, verificaram RBA máximo de 24,8 m³ ha⁻¹. Possivelmente, pode-se atribuir esses diferentes valores de rendimento da cana-de-açúcar a combinações de doses de adubação.

6 CONCLUSÕES

As características tecnológicas de qualidade do caldo da cana e rendimentos de açúcar e álcool foram alterados pela aplicação dos regimes hídricos, com os maiores teores de Brix (22,5%), fibras (13,3%), POLcaldo (17,5%) e POLcana (13,9%) obtidos com as variedades RB867515, RB935744, RB943538 e RB935744, respectivamente;

Os rendimentos brutos de açúcar (32,2 Mg ha⁻¹) e álcool (23 m³ ha⁻¹) foram alcançados com a variedade RB935744 e reposição hídrica próxima a 110% da ETc.

7 REFERENCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; 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, DF, v. 47, n. 1, p. 78-84, 2012.

BASTOS, E. A.; ANDRADE JUNIOR, A. S. **Boletim agrometeorológico de 2013 para o município de Teresina, Piauí**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2016. (Documentos, 239).

CALDAS, C. **Manual de análises selecionadas para indústrias sucroalcooleiras**. Maceió: Sindicato da Indústria e do Alcool do Estado de Alagoas, 1998.

CARVALHO, C. M.; AZEVEDO, H. M.; DANTAS NETO, J.; MELO, E. P.; SILVA, C. T. S.; GOMES FILHO, R. R. Resposta dos parâmetros tecnológicos da terceira folha de cana-de-açúcar submetida a diferentes níveis de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 3, n. 4, p. 337-342, 2008.

CONAGIN, A.; JORGE, J. P. N. Delineamento (1/5) (5x5x5) em blocos. **Bragantia**, Campinas, v. 41, n. 16, p. 155-168, 1982.

CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de instruções**. 5. ed. Piracicaba: Consecana, 2006.

CORREIA, C. B. G.; AZEVEDO, H. M.; DANTAS NETO, J.; CARVALHO, C. M.; SILVA, L. L.; FEITOSA, S. O. Cana-de-açúcar: parâmetros tecnológicos em função de diferentes lâminas de irrigação e adubação de cobertura. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 8, n. 1, p. 26-37, 2014.

COSTA, C. T. S.; FERREIRA, V. M.; ENDRES, L.; FERREIRA, D. T. R. G.; GONÇALVES, E. R. Crescimento e produtividade de quatro variedades de cana-de-açúcar no quarto ciclo de cultivo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 56-63, 2011.

CUNHA, F. N.; SILVA, N. F. D.; SOUSA, A. E.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A.; VIDAL, V. M. Yield of sugarcane submitted to nitrogen fertilization and water depths by subsurface drip irrigation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 9, p. 841-846, 2016.

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.

DIAS, C. M. O.; CORSATO, C. E.; SANTOS, V. M.; SANTOS, A. F. S. Indicadores fitotécnicos, de produção e agroindustriais em cana de açúcar cultivada sob dois regimes hídricos. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 3, p. 58-65, 2012.

FERREIRA JÚNIOR, R. A.; SOUZA, J. L.; ESCOBEDO, J. F.; TEODORO, I.; LYRA, G. B.; ARAÚJO NETO, R. A. Cana-de-açúcar com irrigação por gotejamento em dois espaçamentos entrelinhas de plantio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 8, p. 798-804, 2014.

FERRO, A. B.; CASTRO, E. R. Determinantes dos preços de terras no Brasil: uma análise de região de fronteira agrícola e áreas tradicionais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, DF, v. 51, n. 3, p. 591-610, jul./set. 2013.

FERNANDES, A. C. **Cálculos na Agroindústria da cana de açúcar**. Piracicaba: STAB, 2000.

FERNANDES JÚNIOR, A. R.; GANEM JÚNIOR, E. J.; MARCHETTI, L. B. L.; URASHIMA, A. S. Avaliação de diferentes tratamentos térmicos no controle do raquitismo da soqueira em cana-de-açúcar. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, DF, v. 35, n. 1, p. 60-64, 2010.

FREITAS, C. E. **Qualidade da matéria prima**. Brasília, DF: Embrapa, 2007.

GIL, M.; SINOBAS, L. R.; JUANA, L.; SANCHEZ, R.; LOSADA, A. Emitter discharge variability of subsurface drip irrigation in uniform soils: Effect on water-application uniformity. **Irrigation Science**, Amsterdam, v. 26, n. 6, p. 451-458, 2008.

LAVANHOLI, M. G. D. P. Qualidade da cana-de-açúcar como matéria-prima para produção de açúcar e álcool. *In*: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. S. M.; LANDELL, M. G. A. (ed.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: IAC, 2010. p. 697-722.

MAIA JÚNIOR, S. O.; SILVA, J. A. C.; SANTOS, K. P. O.; ANDRADE, J. R.; SILVA, J. V.; ENDRES, L. Caracterização morfológica e produtiva e suas correlações em cultivares de cana-de-açúcar. **Ciência Agrícola**, Rio Largo, v. 16, n. 1, p. 31-42, 2018.

MELO, F. B.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; PESSOA, B. L. O. **Levantamento, zoneamento e mapeamento pedológico detalhado da área experimental da Embrapa Meio-Norte em Teresina, PI**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2014. (Documentos, 231).

NASCIMENTO, F. N. **Rendimento e qualidade da cana-de-açúcar sob doses de N e K₂O via solo e fertirrigação por gotejamento subsuperficial**. 2017. Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2017.

NOGUEIRA, M. C. S. **Experimentação Agrônômica I: conceitos, planejamento e análise estatística**. Piracicaba: M. C. S. Nogueira, 2007.

OLIVEIRA, F. M.; AGUILAR, P. B.; TEIXEIRA, M. F. F.; ASPIAZU, I.; MONÇÃO, F. P.; ANTUNES, A. P. S. Características agrotecnológicas de cana-de-açúcar em diferentes épocas de supressão de irrigação e níveis de adubação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 3, p. 1587-1606, 2014.

RODOLFO JÚNIOR, F.; RIBEIRO JUNIOR, 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 soça sob regime hídrico variável. **Nativa**, Sinop, v. 4, n. 1, p. 36-43, 2016.

RODRIGUES, J. D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: UNESP, 1995.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT 14.1: User's Guide**. Cary: SAS Institute Inc., 2015.

Disponível em:

<http://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/68162/PDF/default/statug.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2016.

TORRES, N. H.; SARTORI, S. B.; AMÉRICO, J. H. P.; FERREIRA, L. F. R. Indústria Sucroalcooleira: Gestão de Subprodutos. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 10, n. 2, p. 225-236, 2012.

ZIMMERMANN, F. J. P. **Estatística aplicada à pesquisa agrícola**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa; Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2014.