



Cana-de-açúcar com irrigação por gotejamento em dois espaçamentos entrelinhas de plantio

Ricardo A. Ferreira Junior¹, José L. de Souza², João F. Escobedo³, Iêdo Teodoro⁴, Guilherme B. Lyra⁵ & Renato A. de Araújo Neto⁶

¹ CECA/UFAL. Rio Largo, AL. E-mail: ricardo_ceca@hotmail.com (Autor correspondente)

² ICAT/UFAL. Maceió, AL. E-mail: jls@ccen.ufal.br

³ FCA/UNESP. Botucatu, SP. E-mail: escobedo@fca.unesp.br

⁴ CECA/UFAL. Rio Largo, AL. E-mail: iedoteodoro@ig.com.br

⁵ CECA/UFAL. Rio Largo, AL. E-mail: gbastoslyra@gmail.com

⁶ CECA/UFAL. Rio Largo, AL. E-mail: renato.eng.agronomo@hotmail.com

Palavras-chave:

Saccharum ssp.
índice de área foliar
altura do dossel
plantas por metro quadrado
graus-dia

RESUMO

O manejo de irrigação por gotejamento e a colheita mecanizada na cultura da cana-de-açúcar estão sugerindo espaçamento entrelinhas de plantio do tipo combinado. Neste contexto, o objetivo do estudo foi avaliar o crescimento da variedade RB98710 irrigada por gotejamento em dois tipos de espaçamentos entrelinhas de plantio; para isto foram realizados dois plantios em agosto de 2011, sendo um com espaçamento entrelinhas de plantio único (1,0 m) e outro combinado (0,6 e 1,4 m). Os dados analisados foram variáveis de crescimento (índice de área foliar, altura do dossel, comprimento dos colmos e plantas por metro quadrado), variáveis de produção e elementos meteorológicos. O valor do fator de forma para a área foliar foi igual a 0,65; em ambos os espaçamentos entrelinhas de plantio as variáveis de crescimento foram relacionadas com os graus-dia acumulados e tiveram equações ajustadas com aplicações satisfatórias. As variáveis de crescimento avaliadas não diferiram entre os espaçamentos de plantio utilizados. As produtividades de colmos frescos (100,9 t ha⁻¹) e de açúcar (17,8 t ha⁻¹) da cana-de-açúcar irrigada cultivada em Rio Largo, Alagoas, não foram influenciadas pelo uso dos diferentes tipos de espaçamentos entrelinhas de plantio.

Key words:

Saccharum ssp.
leaf area index
canopy height
plants per square meter
degree days

Sugarcane with drip irrigation in two row spacing

ABSTRACT

The management of drip irrigation and mechanized harvesting in the sugarcane crop are suggesting combined row spacing. In this context the objective of this study was to evaluate the growth of RB98710 variety, with drip irrigation in two row spacing. For this, two plantings were performed in August 2011, with single (1.0 m) and combined row spacing (0.6 and 1.4 m). The analysed data were variables of plant growth (leaf area index, canopy height, length of stems and plants per square meter), production variables and weather elements. The form factor value for leaf area was equal to 0.65. In both row spacing, the variables of plant growth were related with accumulated degree-days and had adjusted equations with satisfactory applications. The evaluated variables of plant growth were not different by the used row spacing configurations. The fresh stalk yield (100.9 t ha⁻¹) and sugar yield (17.8 t ha⁻¹) of irrigated sugarcane crop cultivated in Rio Largo, Alagoas state, Brazil, were not influenced by the use of different row spacing configurations.

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é cultivada em cerca de 100 países situados em regiões tropicais e subtropicais do Mundo. A produção total no ano 2009 foi de 1 bilhão e 661 milhões de toneladas com produtividade média global de 69,8 t ha⁻¹ ano⁻¹ (Steduto et al., 2012). Na estimativa da safra 2012/2013 o Brasil apresentou produtividade média de aproximadamente 70,0 t ha⁻¹ (CONAB, 2012). Na mesma safra Alagoas teve produtividade de cerca de 53 t ha⁻¹ o que totalizou uma produção de 23,6 milhões de toneladas representando menos que 4,5% da nacional.

As áreas de expansão para cultivos de cana-de-açúcar em Alagoas são restritas tornando-se imprescindível a utilização de tecnologias para aumento da produção; assim, o melhoramento genético se destaca entre as tecnologias indicando variedades mais adaptadas à exploração dos recursos necessários ao crescimento; todavia, as condições ambientais influenciam na disponibilidade de energia, água e nutrientes fundamentais na otimização da produção. Neste aspecto a água se torna o fator predominante para a produção quando as outras carências são atendidas, tais como energia, nutrientes e fitossanidade caso em que a irrigação é indispensável para a produção potencial (Santos et al., 2009); por exemplo, na região do Submédio

do Vale do São Francisco (Juazeiro, BA) se destaca o cultivo de cana-de-açúcar (média em torno de 91,2 t ha⁻¹) devido à utilização de tecnologias de irrigação (Silva et al., 2012).

Atualmente, na cultura da cana-de-açúcar a irrigação por gotejamento e a colheita mecanizada estão sugerindo espaçamento entrelinhas de plantio (EEP) do tipo combinado; nesta técnica os sulcos de plantio alternam os espaçamentos com duas larguras de modo que formem fileiras duplas com espaçamento menor, seguidas de um espaçamento maior; este tipo de configuração de plantio é conhecido por espaçamento duplo, combinado, alternado e também “abacaxi”.

O EEP combinado foi utilizado especialmente para aumentar a densidade de plantio porém o objetivo na atualidade é reduzir os custos da colheita utilizando-se colhedoras ao invés de corte manual, conforme resultado encontrado por Rodrigues & Saab (2007). Na colheita com EEP combinado com uma passada da colhedora realiza-se o corte de duas linhas de cana e se evita que as colhedoras e os caminhões de transbordo “pisoteiem” as linhas de plantas, não acarretando danos à soqueira, que é essencial para preservar a rebrota.

Na irrigação por gotejamento o EEP combinado possibilita economia de materiais necessários para a implantação do sistema uma vez que um único tubo gotejador fornece água para duas linhas de plantas contexto com o qual se objetivou, com o presente trabalho, avaliar o crescimento em dois tipos de espaçamentos entrelinhas de plantio (único e o combinado) da cultura da cana-de-açúcar irrigada.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada com a cultura de cana-de-açúcar (*Saccharum ssp.*), variedade RB98710, na área experimental de agrometeorologia da Unidade Acadêmica Centro de Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), que se localiza em Rio Largo, Alagoas (09° 28' 02" S; 35° 49' 43" W e 127 m). O clima é classificado úmido, megatérmico, com deficiência de água moderada no verão e grande excesso de água no inverno (Thorntwaite & Mather, 1955). As médias climatológicas anuais (1972-2010) de precipitação pluvial, temperatura do ar média, umidade relativa média e da fração

de nebulosidade, são 1789,5 mm, 25,4 °C, 81,8 e 42,9%, respectivamente (Figura 1).

O solo foi classificado como Latossolo Amarelo Distrocoeso argissólico, de textura média/argilosa na qual as propriedades físicas apresentaram, para um perfil com profundidade de 0,60 m, em média 56,8% de areia, 12,8% de silte e 30,4% de argila e densidade do solo de 1,32 Mg m⁻³. A área de topografia amena (declividade inferior a 2%) estava em pousio (sem cultivo) de aproximadamente três anos após um cultivo de quatro ciclos com a cultura de cana-de-açúcar (Almeida et al., 2008; Costa et al., 2011).

Na área de cultivo foi aplicado, três meses antes do plantio, calcário, na dose de 2 t ha⁻¹. Para o preparo do solo foram feitas uma aração e uma gradagem niveladora e após a abertura dos sulcos no sentido Leste-Oeste realizou-se a adubação de fundação com 80 kg ha⁻¹ de N, 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 120 kg ha⁻¹ de K₂O; a adubação de cobertura foi efetuada 77 dias após o plantio (DAP) com 80 kg ha⁻¹ de N e 40 kg ha⁻¹ de K₂O.

O plantio foi concluído em 11/08/2011 de maneira que resultasse uma média de 18 gemas por metro; a área, de 480 m², foi dividida em duas parcelas constituídas de 12 fileiras de plantio com 20 m de comprimento sendo uma parcela com espaçamento único (1 m entre fileiras) e a outra com o espaçamento combinado (0,6 e 1,4 m alternadamente entre as fileiras) conforme ilustrado na Figura 2; aplicou-se, após o plantio, uma mistura de herbicidas pré-emergentes e limpas manuais foram executadas nos 69 e 103 DAP para o controle de plantas daninhas.

A irrigação foi por um sistema de gotejamento superficial, com tubos gotejadores (tipo fita) de 16 mm de diâmetro, os emissores espaçados 0,5 m e funcionando com pressão de 1,0 kgf cm⁻² e vazão de 1,5 L h⁻¹. As distribuições dos tubos gotejadores nas linhas variaram em relação ao espaçamento empregado na parcela: 1) nas linhas com EEP único foi colocado um tubo gotejador para cada fileira de plantas; 2) nas linhas com EEP combinado os tubos gotejadores foram posicionados apenas no centro das entrelinhas de 0,60 m, ou seja, esta parcela tinha a metade do número de tubos gotejadores que a parcela com EEP único. Por conta da diferença de tubos gotejadores nas parcelas o tempo de rega do cultivo com EEP combinado era o dobro; o

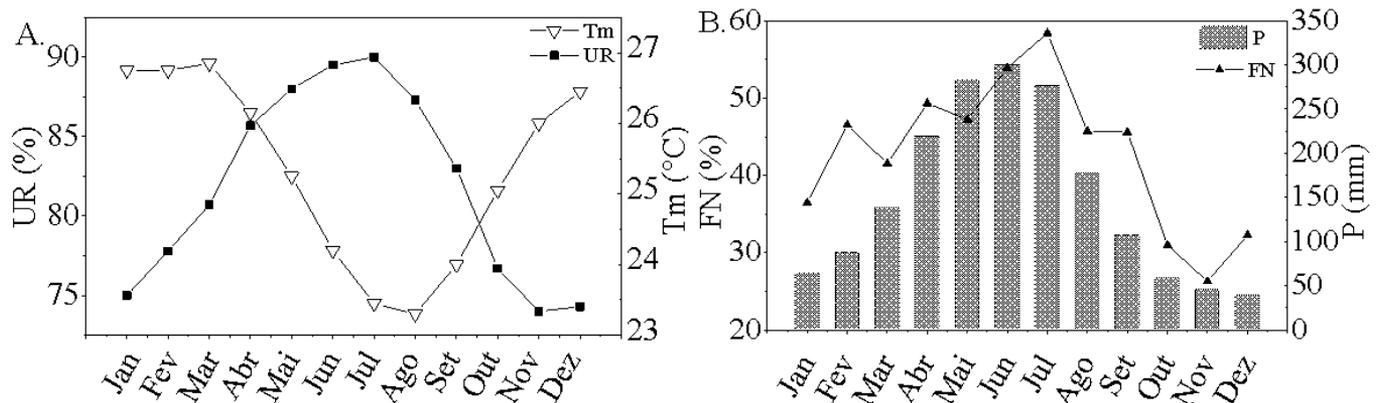


Figura 1. Normais Climatológicas: (A) umidade relativa (UR, %), temperatura do ar média (Tm, °C); (B) fração de nebulosidade (FN, %) e total de precipitação (P, mm) em Rio Largo, Alagoas, período de 1972 a 2010

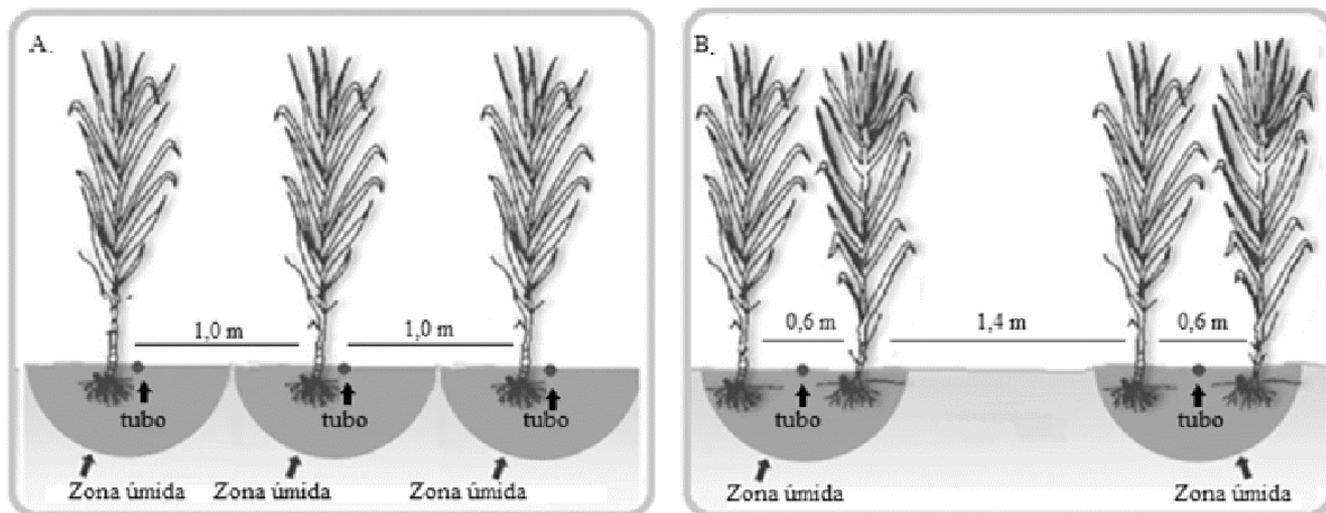


Figura 2. Esquema dos dois tipos de espaçamentos entre linhas e posicionamento dos tubos de gotejo: (A) espaçamento único (1 m); (B) espaçamento combinado (1,4 e 0,6 m)

turno de rega médio foi de dois dias, com uma lâmina variando de 10 a 12 mm por rega; enfim, a necessidade de irrigação foi função da evapotranspiração da cultura (ET_c), considerando-se a média diária da semana anterior.

A variedade RB98710 de cana-de-açúcar utilizada no estudo é caracterizada por apresentar ótimo perfilhamento, porte ereto, bom fechamento de entrelinhas, alto teor de açúcar e alta produtividade agrícola. Faz parte da nova geração de variedades desenvolvidas pelo Programa de Melhoramento Genético de Cana-de-açúcar (PMGCA) do CECA/UFAL, que está incluído na RIDESA (Barbosa et al., 2012).

Os dados meteorológicos utilizados foram obtidos da estação agrometeorológica situada ao lado da área de campo. A temperatura e umidade relativa do ar foram medidas por um termohigrômetro (HMP45C, Campbell Scientific) instalado a 2,0 m de altura. A precipitação foi monitorada por um pluviômetro (TB3, Hydrological Services PTY. LTD) instalado a 1,5 m de altura. A irradiância solar global (R_g , $W\ m^{-2}$) foi obtida por um piranômetro (Eppley, modelo 848). A velocidade do vento a 2 m de altura foi obtida por um anemômetro (Modelo RM Young, Campbell Scientific). Um sistema de aquisição automático de dados (CR10X, Campbell Scientific) realizava medidas a cada 10 s e armazenava médias a cada 10 min.

Como já mencionado, a irrigação foi baseada na ET_c sendo esta determinada como produto da evapotranspiração de referência (ET_o) com o coeficiente de cultura (K_c). A ET_o diária foi determinada pelo método de Penman-Monteith-FAO 56 (Allen et al., 1998):

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \left(\gamma \frac{900}{T_m + 273} \right) u_2 (e_s - e)}{\Delta + \left[\gamma (1 + 0,34 u_2) \right]} \quad (1)$$

em que:

- R_n - saldo de radiação, $MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$
- G - fluxo de calor no solo, $MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$, considerado igual a 0 (zero)

- u_2 - velocidade do vento, $m\ s^{-1}$
- e_s - pressão de saturação do vapor d'água do ar, kPa
- e - pressão parcial do vapor d'água do ar, kPa
- T_m - temperatura do ar média, $^{\circ}C$
- Δ - inclinação da curva da pressão de vapor saturado no ponto da T_m , $kPa\ ^{\circ}C^{-1}$
- γ - coeficiente psicrométrico, $kPa\ ^{\circ}C^{-1}$

O R_n diário foi considerado fração da irradiação solar global diária (H_g , $MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$) (Figura 3) em que os valores de H_g foram obtidos por meio de integrações de R_g . Esta relação é oriunda de medições sobre a grama (*Paspalum notatum* Flüggé) em condições padrões (Allen et al., 1998) realizadas entre janeiro a setembro de 2006, sendo utilizados apenas os dias sem precipitação ($n = 158$) pelo Laboratório de Agrometeorologia e Radiometria Solar (LARAS) da UFAL.

O valor K_c variou com a fase de desenvolvimento da cultura, com a altura do dossel e com as condições meteorológicas

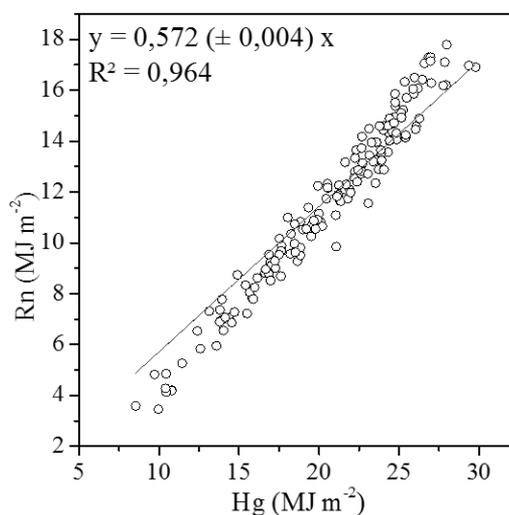


Figura 3. Regressão linear entre o saldo de radiação diário (R_n) e a irradiação solar global (H_g) medidas sobre o cultivo da grama em condições padrões

(Allen et al., 1998). Na fase de crescimento inicial (F1) o Kc foi ajustado às condições locais pelo método gráfico sugerido no boletim FAO 56. A F1 ocorreu entre o dia do plantio até as plantas cobrirem 10% do solo. A fase de desenvolvimento (F2) é o período compreendido do final da F1 até 80% de cobertura do solo (CS). Os valores da fração de CS foram determinados como sendo iguais à estimativa da fração da radiação interceptada pelo dossel, conforme metodologia sugerida por Adams & Arkin (1977). A fase média (F3) ocorre de 80% de CS até o início da maturação fase na qual o valor do Kc é máximo e constante. A fase final (F4) ocorreu do início da maturação até a colheita. O valores de Kc de F3 e F4 foram ajustados conforme sugerido no FAO 56, pelas seguintes equações:

$$Kc = Kc_{(tab)} + [0,04(u_2 - 2) - 0,04(URn - 45)](alt/3)^{0,3} \quad (2)$$

em que:

- Kc_(tab) - valor do Kc tabelado para F3 (1,25) e F4 (0,75)
- u₂ - velocidade do vento média
- URn - valor médio diário da umidade relativa do ar mínima
- alt - altura do dossel média

Os graus-dia acumulados (GDA, °C d) foram calculados com a temperatura base (Tb) igual 16 °C para fenologia da parte aérea total e como 10 °C para a fenologia da folha (Inman-Bamber, 1995; Sinclair et al., 2004; Smit & Singels, 2006), e foram determinados pela Eq. 3.

$$GDA = \sum_{i=1}^n \left(\frac{T_x + T_n}{2} \right) - T_b \quad (3)$$

em que:

- T_x - temperatura do ar máxima diária, °C
- T_n - temperatura do ar mínima diária, °C
- n - número de dias observados

Foram realizados, em dez plantas escolhidas aleatoriamente de cada cultivo com frequência mensal, medidas do comprimento do colmo (cm), altura da planta (cm), comprimento (C, cm) e largura máxima (L, cm) da folha +3, número de folhas verdes completamente desenvolvidas. A numeração das folhas segue a numeração do sistema Kuijper. O comprimento do colmo foi padronizado da base da planta até o último entrenó visível. O "C" e "L" da folha +3 e os números de folhas verdes expandidas (nfv) foram utilizados para estimar a área foliar da planta (AF) conforme a Eq. 4, que segue metodologia de Hermann & Câmara (1999).

$$AF = (C \cdot L \cdot Ff) \cdot (nfv + 2) \quad (4)$$

em que:

- Ff - fator de forma para as dimensões foliares da variedade de estudo

O Ff foi ajustado para a variedade em estudo mediante uma regressão linear simples ($\beta_0 = 0$) sendo a variável independente

o produto do comprimento pela largura (C x L) e a variável dependente a área foliar da mesma folha determinada por meio de um planímetro digitalizador (LI-3100C Area Meter, Li-COR). Por fim, o índice de área foliar (IAF) foi determinado pela multiplicação da AF (média das plantas) pelo número de plantas por metro (NPM) e dividido pela área ocupada por essas plantas (AS). Para a definição do NPM foram utilizados 6 m sendo escolhidos os 3 m centrais das duas fileiras centrais das parcelas.

O IAF foi ajustado em relação aos GDA (Tb = 10 °C) mediante uma regressão não linear, modelo log-normal com três parâmetros (Souza et al., 2012; Ferreira Júnior et al., 2012) conforme Eq. 5.

$$y = w1 \exp \left[-0,5 \left(\frac{\ln(x/w2)}{w3} \right)^2 \right] \quad (5)$$

em que:

- w1 - amplitude de y (IAF)
- w2 - valor de x (GDA) no qual y é máximo
- w3 - grau de decaimento da variável y

O número de plantas por metro quadrado (plantas m⁻²), a altura do dossel e o comprimento dos colmos, foram relacionados com os GDA (Tb = 16 °C) por meio de regressões não lineares do tipo sigmoidal (modelo Boltzmann):

$$y = \frac{A1 - A2}{1 + e^{-(x-X_0)/dx}} + A2 \quad (6)$$

em que:

- A1 e A2 - valor inicial e final de y, respectivamente
- x - graus-dia acumulado
- X₀ - ponto de inflexão ((A1+A2)/2)
- dx - coeficiente de ajuste

A produtividade de colmos foi determinada com as amostragens feitas nas duas linhas centrais de cada parcela (5 m). As análises das características agroindustriais (qualidade da matéria-prima) dos colmos, necessária para o cálculo da produtividade de açúcar, foram feitas no Laboratório da Usina Santa Clotilde. Para essas análises foram amostrados dez colmos selecionados aleatoriamente nas parcelas. Obteve-se a produtividade de açúcar mediante o produto entre a produtividade de colmos e o PC (pol da cana) dividido por cem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o ciclo da cultura a temperatura do ar média variou entre 21,1 e 27,3 °C e teve valor médio de 24,2 °C; já a umidade relativa do ar média no ciclo foi igual a 77,4%, com variação de 67,4 a 92,3%; a precipitação pluvial durante os 440 dias de cultivo foi de 1.415,3 mm, com uma magnitude (precipitação média por evento de molhamento) de 5,3 mm e frequência de um evento de chuva a cada 1,6 dias.

Na região existe, porém, um período do ano, entre os meses de abril a agosto, que concentra o maior volume de chuva (72% do total anual) caracterizando um período chuvoso e outro período menos chuvoso (entre setembro a março) (Souza et al., 2004). Assim, a magnitude e a frequência de evento de chuva do ciclo (~14 meses) não representam satisfatoriamente as características pluviais da região; a aplicação de água via irrigação totalizou 900 mm (para ambos os cultivos) entre os meses de novembro de 2011 e maio de 2012, suprimindo parte da demanda hídrica da cultura no período menos chuvoso.

A irradiação solar global (Hg) média diária durante o período do cultivo foi igual a $19,9 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, com valor máximo de $28,9 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ e o mínimo de $4,8 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$; em junho e julho de 2012 a média diária foi relativamente baixa ($14,7 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) devido principalmente à alta cobertura de nuvens nessa época do ano. A Hg foi mais elevada nos meses que correspondem ao período menos chuvoso (outubro a abril) com média diária de $22,0 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$.

O valor do fator de forma foi igual a 0,65 (Figura 4), o ajuste teve coeficiente de determinação (R^2) de 0,96, indicativo de que as dimensões foliares permitem explicar a maior parte da variabilidade da área foliar. Robertson et al. (1998) observaram a variedade Q117 (cana-de-açúcar) na Austrália e relataram um fator de forma igual a 0,62. Sinclair et al. (2004) observaram, na Florida, em quatro variedades de cana-de-açúcar (CP80-1743, CP88-1762, CP72-2086 e CP89-2143) um fator de forma médio de 0,72 com variação entre 0,70 (CP72-2086) e 0,73 (CP89-2143).

Silva (2009) encontrou, estudando a variedade RB92579 de cana-de-açúcar em Juazeiro - município da Bahia, valor de Ff igual a 0,69. Assim o fator de forma (0,75) determinado para a cultura do milho (Francis et al., 1969) e que é utilizado como padrão para estimativa da área foliar de plantas de cana-de-açúcar tem, por apresentar folhas com forma similares, variação entre as variedades de cana-de-açúcar.

Os valores de IAF das plantas cultivadas nos dois tipos de espaçamentos entrelinhas de plantio ao longo do ciclo apresentaram, quando correlacionados com os graus-dia acumulados (GDA) (Figura 5) elevados R^2 (0,989 e 0,980,

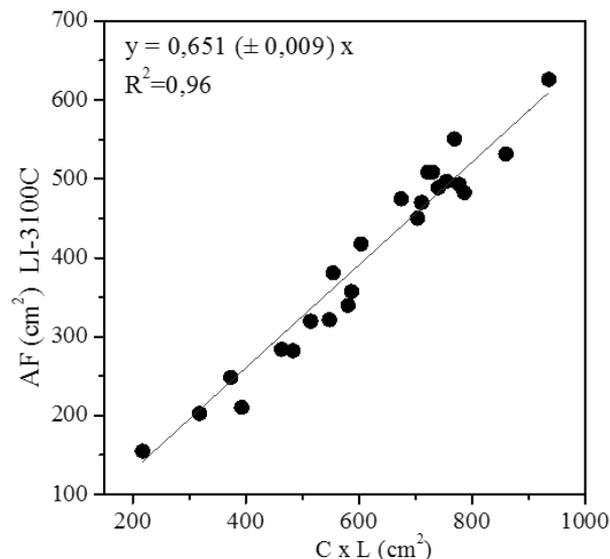


Figura 4. Relação entre medidas da área foliar (AF) obtidas com o integrador de área (LI-3100C) e da área oriunda do produto do comprimento (C) pela largura máxima (L) das mesmas folhas de cana-de-açúcar, variedade RB98710

respectivamente, para o espaçamento único e o combinado). Com esses ajustes (modelo log-normal, com três parâmetros) foi possível a estimativa diária do IAF no ciclo, informação importante para a aplicação de modelos de crescimento. As plantas dos cultivos necessitaram de acúmulo de GD ($T_b = 10 \text{ }^\circ\text{C}$) em torno de $3.334,8 \text{ }^\circ\text{C d}$ (219 DAP) (EEP único) e $3.350,6 \text{ }^\circ\text{C d}$ (220 DAP) (EEP combinado) para atingir os valores máximos de IAF, que foram estatisticamente semelhantes em ambos os cultivos, aproximadamente 6,5.

As variáveis de crescimento: número de plantas por metro quadrado, altura do dossel e comprimento dos colmos em função dos graus-dia acumulados, estão apresentadas na Figura 6. O número de plantas por metro quadrado varia em virtude da competição pelos recursos naturais, tais como luz, água e nutrientes; o número de plantas teve ajuste satisfatório com o GDA ($T_b = 16 \text{ }^\circ\text{C}$) e os valores dos coeficientes das equações

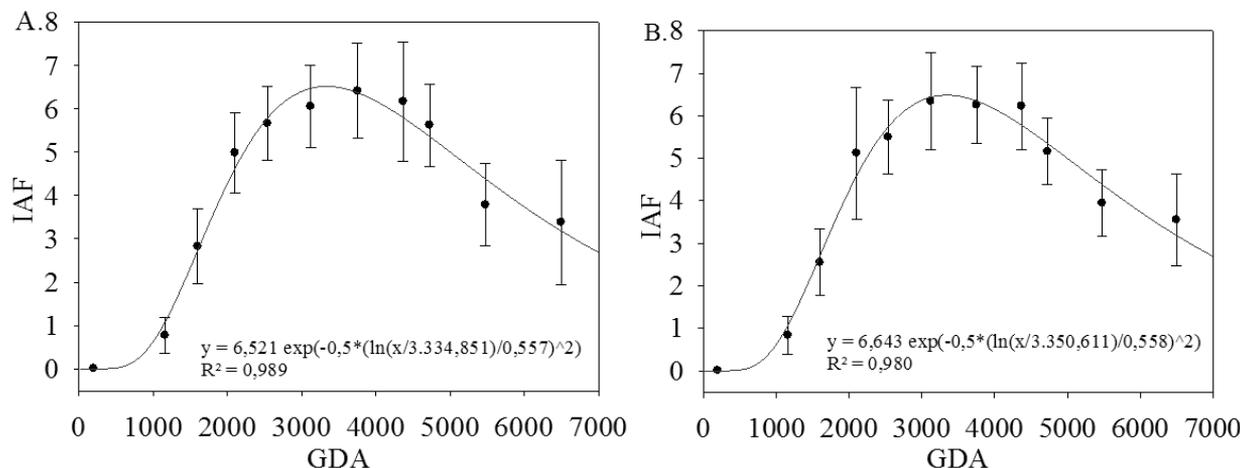


Figura 5. Relação entre o índice de área foliar (IAF) e os graus-dia acumulados ($T_b = 10 \text{ }^\circ\text{C}$) da cana-de-açúcar irrigada em dois espaçamentos entrelinhas de plantio: (A) único; (B) combinado

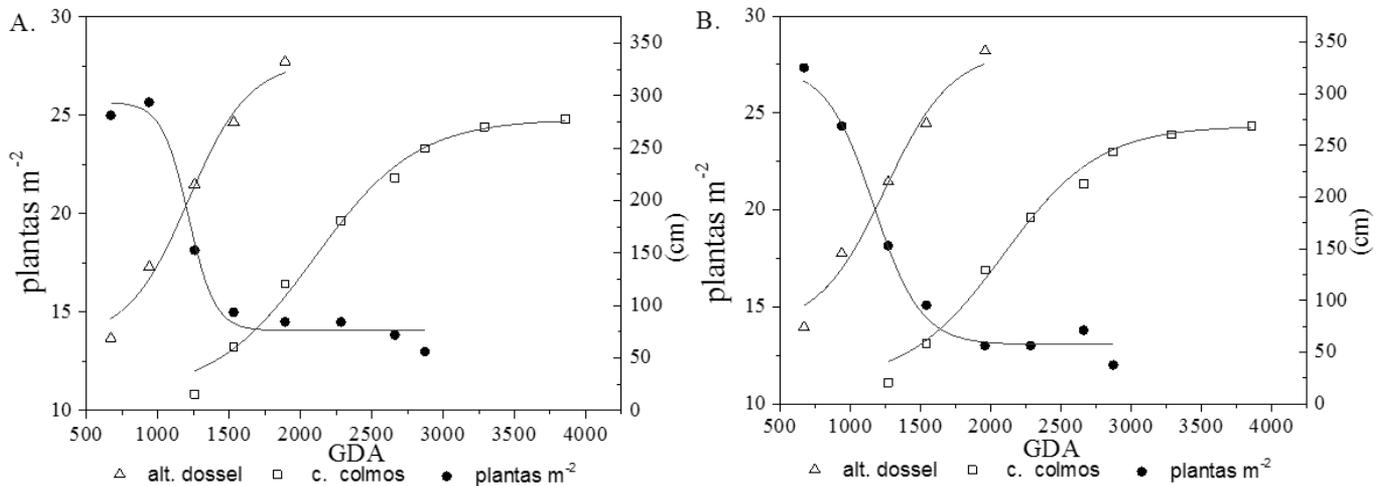


Figura 6. Número de plantas por metro quadrado (plantas m^{-2}), altura do dossel (alt. dossel) e comprimento dos colmos em função dos graus-dia acumulados (GDA, $T_b = 16^\circ\text{C}$) da cana-de-açúcar em dois espaçamentos entrelinhas de plantio: (A) único; (B) combinado

Tabela 1. Coeficientes das equações (Boltzmann) das relações entre número de plantas por metro quadrado (plantas m^{-2}), altura do dossel (alt. dossel) e comprimento dos colmos (c. colmos) versus os graus-dia acumulados ($T_b = 16^\circ\text{C}$) na cultura da cana-de-açúcar irrigada em dois espaçamentos entrelinhas de plantio (único e combinado)

		Plantas m^{-2}			Alt. dossel			C. colmos		
		Valor	EPE ¹	p [*]	Valor	EPE	p	Valor	EPE	p
Único	A1	25,67	0	-	68,93	0	-	15,6	0	-
	A2	14,06	0,35	< 0,01	332,33	0	-	277,6	0	-
	Xo	1213,86	27,95	< 0,01	1213,96	35,37	< 0,01	2102,98	37,85	< 0,01
	Dx	93,25	33,06	0,037	212,46	32,01	< 0,01	354,77	32,52	< 0,01
	R ²	0,979	-	-	0,979	-	-	0,987	-	-
Combinado	A1	27,339	0	-	74,2	0	-	20,43	0	-
	A2	13,05	0,36	< 0,01	341,33	0	-	268,8	0	-
	Xo	1168,03	31,17	< 0,01	1248,78	43,29	< 0,01	2091,68	39,34	< 0,01
	Dx	167,65	25,18	< 0,01	235,41	40,59	0,01	340,82	34,89	< 0,01
	R ²	0,984	-	-	0,972	-	-	0,985	-	-

¹(EPE) erro padrão de estimativa; ^{*}(p) probabilidade de t (calculado) > t (tabela)

estão na Tabela 1; o valor máximo, amostrado em 81 DAP (670,0 $^\circ\text{C d}$, $T_b = 16^\circ\text{C}$) foi de 25,7 (EEP único) e 27,3 (EEP combinado) plantas m^{-2} .

Singels et al. (2005) encontraram valor máximo em torno de 24 plantas m^{-2} com acúmulo de aproximadamente 700 $^\circ\text{C d}$; neste estudo foi possível constatar diminuição brusca da densidade de plantas por metro quadrado entre o período compreendido de 144 a 165 DAP (± 1000 a 1500°C d) em ambos os cultivos; após este período a tendência foi de estabilização do número de plantas m^{-2} com valor médio de 14 ($\pm 0,35$) e 13 ($\pm 0,36$) respectivamente no espaçamento único e combinado.

Em variedades sul-africanas, Inman-Bamber (1994) citou necessidade de 1200 $^\circ\text{C d}$ ($T_b = 16^\circ\text{C}$) para o valor do número de plantas m^{-2} tornar-se aproximadamente constante. Já Bezuidenhout (2000) relatou que a população (plantas m^{-2}) atingiu valor constante após tempo térmico de 2000 $^\circ\text{C d}$; em Juazeiro a variedade RB92579 (cana soca) necessitou de 1380 $^\circ\text{C d}$ ($T_b = 16^\circ\text{C}$) para a estabilização do número de plantas (Silva et al., 2012).

A altura do dossel atingiu, em ambos os cultivos, valor próximo de 350 cm aos 204 DAP (1900 $^\circ\text{C d}$). Neste dia ocorreu a última amostragem da altura do dossel de vez que no intervalo

até a sucessiva amostragem biométrica (244 DAP) ocorreu o fenômeno denominado “tombamento” das plantas, o qual consiste na queda das plantas em função de fatores variados, tais como altura dos colmos, hábito de crescimento, ventos fortes, algum tipo de deficiência nutricional nos colmos ou raízes ou elevada massa dos colmos (Carlin et al., 2008). A altura do dossel foi ajustada em função dos GDA ($T_b = 16^\circ\text{C}$), com elevados valores de R^2 (Tabela 1).

O comprimento dos colmos mostrou taxa de incremento elevada (aproximadamente 1,30 cm d^{-1}) entre o surgimento até em torno de 3000 $^\circ\text{C d}$ (324 DAP); após este período a taxa de incremento teve notável diminuição, consequência da maturação das plantas. A máxima taxa de incremento média diária foi 1,65 cm d^{-1} (140 a 267 DAP) no espaçamento único e 1,66 cm d^{-1} (168 a 211 DAP). Silva et al. (2012) relataram um incremento médio na estatura dos colmos de cana-de-açúcar de 1,8 cm d^{-1} para a variedade RB92579.

Os cultivos do presente trabalho atingiram produtividades de colmos (100,9 t ha^{-1}) e de açúcar (17,8 t ha^{-1}) equivalentes para ambos os tipos de EEP; as produtividades de colmos foram elevadas quando comparadas com a média nacional (na safra 2012/13 foi igual a 70,0 t ha^{-1}).

CONCLUSÕES

1. A produtividade agrícola da cana-de-açúcar irrigada cultivada em Rio Largo – Alagoas não foi influenciada pelo uso de espaçamentos entrelinhas de plantio simples ou combinado.

2. As variáveis de crescimento avaliadas (índice de área foliar, altura do dossel, comprimento dos colmos e número de plantas por metro quadrado) reforçam que a utilização do espaçamento entrelinhas combinado não causa perda de produção em relação ao espaçamento único.

3. Nos dois espaçamentos entrelinhas de plantio as variáveis de crescimento foram relacionadas aos graus-dia acumulados e tiveram equações ajustadas com aplicações satisfatórias.

LITERATURA CITADA

- Adams, J. E.; Arkin, G.F. A light interception method for measuring row crop ground cover. *Soil Science Society of America Journal*, v.41, p.789-792, 1977.
- Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO. 1998. 300p. Irrigation and Drainage Paper No. 56, FAO
- Almeida, A. C. S.; Souza, J. L.; Teodoro, I.; Barbosa, G. V. S.; Filho, G. M.; Ferreira Júnior, R. A. Desenvolvimento vegetativo e produção de variedades de cana-de-açúcar em relação à disponibilidade hídrica e unidades térmicas. *Ciência e Agrotecnologia*, v.32, p.1441-1448, 2008.
- Barbosa, M. H. P.; Resende, M. D. V.; Dias, L. A. S.; Barbosa, G. V. S.; Oliveira, R. A.; Peternelli, L. A.; Daros, E. Genetic improvement of sugar cane for bioenergy: the Brazilian experience in network research with RIDESA. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.12, p.87-98, 2012.
- Bezuidenhout, C. N. A model review and proposed mechanistic tiller model for the CANEGRO sugarcane crop model. – Durban: Technikon Natal, 2000. 78p. M.Tech. Thesis
- Carlin, S. D.; Almeida Silva, M. A.; Rossetto, R. Parâmetros biométricos e produtividade da cana-de-açúcar após tombamento dos colmos. *Bragantia*, v.67, p.845-853, 2008.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: Cana-de-açúcar, Safra 2012/2013 – terceiro levantamento dezembro/2012.. – Brasília: CONAB, 2012. 18p.
- 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*, v.24, p.56-63, 2011.
- Ferreira Júnior, R. A.; Souza, J. L.; Lyra, G. B.; Teodoro, I.; Santos, M. A. dos; Porfírio, A. C. S. Crescimento e fotossíntese de cana-de-açúcar em função de variáveis biométricas e meteorológicas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, p.1229-1236, 2012.
- Francis, C. A.; Rutger, J. N.; Palmer, A. F. E. A rapid method for leaf plant area estimation in maize (*Zea mays* L.). *Crop Science*, v.9, p.537-539, 1969.
- Hermann, E. R.; Câmara, G. M. S. Um método simples para estimar a área foliar de cana-de-açúcar. *Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil - STAB*, v.17, p.32-34, 1999.
- Inman-Bamber, N. G. Temperature and seasonal effects on canopy development and light interception of sugarcane. *Field Crop Research*, v.36, p.41-51, 1994.
- Inman-Bamber, N. G. Climate and water as constraints to production in the South African Sugar Industry. *Proceedings of The Annual Congress of The South African Sugar Technologists Association*, v.69, p.55-59, 1995.
- Robertson, M. J.; Bonnett, G. D.; Hughes, R. M.; Muchow, R. C.; Campbell, J. A. Temperature and leaf area expansion of sugarcane: integration of controlled-environment, field and model studies. *Australian Journal of Plant Physiology*, v.25, p.819-828, 1998.
- Rodrigues, E. B.; Saab, O. J. G. A. Avaliação técnico-econômica da colheita manual e mecanizada da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) na região de Bandeirantes - PR. *Semina: Ciências Agrárias*, v.28, p.581-588, 2007.
- Santos, M. A.; Lyra, G. B.; Lyra, G. B.; Souza, J. L.; Sediyaama, G. C. Coeficiente da cultura no estágio inicial de desenvolvimento para cana-de-açúcar em diferentes datas de plantio na região de Tabuleiros Costeiros de Alagoas. *Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil - STAB*, v.27, p.30-33, 2009.
- Silva, T. G. F. Análise de crescimento, interação biosfera-atmosfera e eficiência do uso de água da cana-de-açúcar irrigada no Submédio do Vale do São Francisco. Viçosa: UFV, 2009. 194p. Tese Doutorado
- Silva, T. G. F.; Moura, M. S. B.; Zolnier, S.; Carmo, J. F. A.; Souza, L. S. B. Biometria da parte aérea da cana soca irrigada no Submédio do Vale do São Francisco. *Revista Ciência Agronômica*, v.43, p.500-509, 2012.
- Sinclair, T. R.; Gilbert, R. A.; Perdomo, R. E.; Shine Júnior, J. M.; Powell, G.; Montes, G. Sugarcane leaf area development under field conditions in Florida, USA. *Field Crops Research*, v.88, p.171-178, 2004.
- Singels, A.; Smit, M.A.; Redshaw, K.A.; Donaldson, R.A. The effect of crop start date, crop class and cultivar on sugarcane canopy development and radiation interception. *Field Crops Research*, v.92, p.249-260, 2005.
- Smit, M. A.; Singels, A. The response of sugarcane canopy development to water stress. *Field Crops Research*, v.98, p.91-97, 2006.
- Souza, J. L.; Moura Filho, G.; Lyra, R. F. F.; Teodoro, I.; Santos, E. A.; Silva, J. L.; Silva, P. R. T.; Cardim, A. H.; Amorim, E. C. Análise da precipitação e temperatura do ar na região do Tabuleiro Costeiro de Maceió, período 1972-2001. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.12, p.131-141, 2004.
- Souza, R. C.; Dias, A. C.; Figueiredo, M. R. A.; Obara, F. E. B.; Christoffoleti, P. J. Growth of the crabgrass species *Digitaria ciliaris* and *Digitaria nuda*. *Planta Daninha*, v.30, p.317-325, 2012.
- Steduto, P.; Hsiao, T. C.; Fereres, E.; Raes, D. Crop yield response to water. Rome: FAO, 2012. 503p. Irrigation and Drainage Paper No. 66
- Thornthwaite, C. W.; Mather, J. R. The water balance. Centerton: Drexel Institute of Technology/Laboratory of Climatology, 1955. 104p. Publications in Climatology, vol. VIII, n.1.