

Crescimento e produtividade de cana-de-açúcar em função da disponibilidade hídrica dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas

Magno Luiz de Abreu ⁽¹⁾; Marcelo de Almeida Silva ^(2*); Iêdo Teodoro ⁽³⁾; Lucas Almeida de Holanda ⁽²⁾; Givaldo Dantas Sampaio Neto ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT), Campus Parecis, 78360-000 Campo Novo dos Parecis (MT), Brasil.

⁽²⁾ Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal, Caixa Postal 237, 18603-970 Botucatu (SP), Brasil.

⁽³⁾ Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Solos, Engenharia e Economia Rural, 57100-000 Rio Largo (AL), Brasil.

⁽⁴⁾ UNESP, Programa de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem, Caixa Postal 237, 18603-970 Botucatu (SP), Brasil.

^(*) Autor correspondente: marcelosilva@fca.unesp.br

Recebido: 7/jun./2013; Aceito: 27/jun./2013

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar as interações entre variáveis meteorológicas e os componentes de produção e produtividade de seis variedades de cana-de-açúcar nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas visando o manejo varietal adequado. O plantio da cana-de-açúcar foi realizado em setembro de 2005 na região de Rio Largo (AL) e as três colheitas foram feitas em novembro de 2006, novembro de 2007 e novembro de 2008. O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados com o tratamento constituído pelas variedades RB863129, RB867515, RB92579, RB93509, RB931003 e RB951541, com quatro repetições. As variáveis de crescimento avaliadas foram número, comprimento e produtividade dos colmos, índice de área foliar e produtividade de açúcar. O balanço hídrico da cultura em média apresentou déficit hídrico de 869 mm nos meses de setembro a março e excesso hídrico de 837 mm nos meses de abril a agosto. A irregularidade das precipitações nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas promove respostas diferenciais no desenvolvimento e na produtividade das variedades de cana-de-açúcar nos diferentes ciclos de cultivo. As variedades RB93509 e RB931003 são consideradas as melhores opções para o manejo varietal nessa região.

Palavras-chave: *Saccharum* spp., balanço hídrico, componentes da produção, ciclo de cultivo, variedades, produção.

Growth and productivity of sugarcane varieties as affected by water availability in the Coastal Tablelands of the Alagoas State, Brazil

Abstract

The aim of this study was to evaluate the interaction among meteorological variables and yield components of six sugarcane varieties and to establish appropriate varietal management at the Coastal Tablelands of the Alagoas State (Brazil). The sugarcane planting was carried out in September 2005, and three cane harvests were made in November 2006, 2007 and 2008. The experimental design was in randomized block with six treatments consisting of the varieties RB863129, RB867515, RB92579, RB93509, RB931003 and RB951541, with four replications. The growth variables evaluated were number and length of stalks, leaf area index, and productivity of stalks and sugar. On average, the crop water balance showed water deficit of 869 mm between September and March and excess of 837 mm from April to August. The irregularity of rainfall in the Coastal Tablelands promoted differential responses in the development and productivity of varieties of sugarcane. Varieties RB93509 and RB931003 are considered options for the varietal management in this region.

Key words: *Saccharum* spp., water balance, yield components, crop cycle, varieties, yield.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, colhendo 595,13 milhões de toneladas por safra, em uma área de 8.520,5 mil hectares (CONAB, 2012). Desse total, a região Centro-sul produz 86,1% e a região Norte-nordeste, 14,9%. Vários fatores têm interferência na produção da cana-de-açúcar, com destaque para as interações edafoclimáticas, manejo da cultura e variedade utilizada. No estado de Alagoas, o setor de maior impacto econômico é a agroindústria canavieira que, na safra 2008/2009, gerou 91 mil empregos diretos, sendo 70 mil rurais e 21 mil urbanos (SINDAÇUCAR, 2011). A produção da cana-de-açúcar nos Tabuleiros Costeiros Alagoanos destaca-se pelo alto nível tecnológico, tanto no campo como na indústria. A área plantada é da ordem de 445,00 mil hectares e a produção na safra 2011/2012 foi de 23.622,6 milhões de toneladas de cana moída (CONAB, 2012). A produtividade agrícola estimada no estado é de 53,90 t ha⁻¹, considerada baixa quando comparada com a média de outras regiões produtoras como São Paulo, com 74,70 t ha⁻¹, e Minas Gerais, com 72,43 t ha⁻¹.

A variação climática anual na região Nordeste do Brasil tem sido uma das principais causas de redução da produtividade agrícola. A disponibilidade de água é essencial para o crescimento e a produtividade da cana-de-açúcar, porque sua falta ou excesso pode influir diretamente na produção da cultura. Os níveis de produtividade agrícola na região canavieira do Nordeste ainda são baixos e isso pode estar associado ao déficit hídrico sofrido pela cultura no período de setembro a fevereiro, aliado ao uso de variedades não adaptadas às condições do ambiente.

A deficiência hídrica é um dos mais importantes fatores que limitam a produção da cana-de-açúcar, e uma forma de contornar esse problema é cultivar variedades resistentes ou tolerantes à seca (SILVA et al., 2008b) ou, ainda, aquelas classificadas como responsivas à melhoria do ambiente e que terão alta produtividade sob disponibilidade hídrica. Ainda, de acordo com SILVA (2008), uma variedade ideal é aquela que possua alta média de produção e baixo grau de flutuação em seu desempenho quando cultivada sob diversas condições ambientais. Portanto, a recomendação de uma variedade depende da comprovação de sua constância como material genético em grande amplitude de condições ambientais.

A necessidade hídrica da cana-de-açúcar altera-se com a fase vegetativa e a variedade utilizada. Essa cultura possui quatro fases de desenvolvimento: i) brotação, ii) perfilhamento, iii) crescimento vegetativo, quando a cultura é bastante sensível à deficiência hídrica e às temperaturas fora de sua amplitude térmica ideal, isto é, entre 25°C e 33°C, conforme ALMEIDA et al. (2008), e iv) a maturação, período em que ocorre o maior acúmulo de sacarose nos colmos (RAMESH e MAHADEVASWAMY, 2000). O ideal é que na maturação aconteça um período de pouca disponibilidade hídrica. Em contrapartida, quando há restrições hídricas nas fases iniciais

de desenvolvimento, o crescimento dos colmos fica limitado, provocando também redução da produtividade da cultura. Essas fases de desenvolvimento e os aspectos morfofisiológicos da cana-de-açúcar devem ser estudados, uma vez que os conhecimentos sobre essa cultura são importantes para a adequação das variedades à região considerada.

A análise de crescimento permite o estudo de diferentes variedades de uma cultura em diversos ambientes de produção (OLIVEIRA et al., 2005). Novas variedades têm gerado ganhos de aproximadamente 30% na produtividade e qualidade da cana-de-açúcar (BARBOSA et al., 2000), já que elas vêm com recomendação de áreas com maior ou menor adaptação edafoclimática.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar as interações entre variáveis agrometeorológicas e os componentes da produtividade das variedades RB863129, RB867515, RB92579, RB93509, RB931003 e RB951541 de cana-de-açúcar nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas, visando estabelecer manejo varietal adequado para alcançar melhor produtividade dessa cultura na região.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi instalado próximo ao município de Rio Largo, AL (09°28'S; 35°49'W e 127 m de altitude), em um solo classificado como Latossolo Amarelo Coeso argissólico, de textura média/argilosa (EMBRAPA, 2006). Características físico-hídricas do solo, com a umidade em base volumétrica: capacidade de campo de 0,244 m³ m⁻³, ponto de murcha permanente de 0,148 m³ m⁻³, densidade do solo de 1,23 mg m⁻³, porosidade total de 0,423 m³ m⁻³ e velocidade de infiltração básica de 52 mm h⁻¹. O clima local é considerado quente e úmido e, segundo a classificação climática de Köppen, corresponde ao tipo As, caracterizado clima tropical, apresentando variações térmicas entre 19,3°C, em agosto, a 31,7°C, em janeiro, com período seco entre os meses de setembro e fevereiro e período chuvoso concentrado no outono e inverno, precipitação anual de 1.818 mm, com mínima de 41 mm em dezembro e máxima de 394 mm em julho.

Instalação do experimento

O plantio da cana-de-açúcar foi realizado em setembro de 2005. As parcelas foram constituídas de 11 linhas de 21 metros de comprimento, com espaçamento de 1,0 m entre linhas, totalizando área de 231 m². O delineamento estatístico utilizado foi de blocos casualizados com seis tratamentos, constituídos pelas variedades RB863129, RB867515, RB92579, RB93509, RB931003 e RB951541,

com quatro repetições. A primeira colheita foi realizada em novembro de 2006, a segunda colheita, em novembro de 2007, e a terceira colheita, em novembro de 2008.

Variáveis agrometeorológicas

As variáveis agrometeorológicas foram armazenadas em uma estação automática de aquisição de dados Micrologger CR10X (Campbell Scientific, Logan, UT, EUA) instalada a 300 m do experimento. A precipitação pluvial foi obtida com um pluviômetro (TB3 Tipping Bucket Rain Gauge, Hydrological Services PTY. LTD., Sydney, Austrália). A temperatura e umidade relativa do ar foram mensuradas por um termo-higrômetro automático (HMP45C, Campbell Scientific, Logan, UT, EUA). A evapotranspiração da cultura foi calculada multiplicando-se a evapotranspiração de referência (ET_o) pelo coeficiente de cultura (K_c) da FAO56. O valor de K_c na fase inicial tabelado da FAO56 (0,40) foi corrigido pelo método gráfico da FAO (ALLEN et al., 1998), em função do intervalo de tempo entre os eventos chuva e a magnitude da ET_o.

O ciclo de desenvolvimento da cana-de-açúcar é dividido em quatro fases, porém nessa pesquisa, para melhorar o manejo da cultura (no sentido das técnicas de cultivo inerentes a cada fase de desenvolvimento), foi estabelecida a fenologia em três fases, conforme já utilizado por INMAN-BAMBER e SMITH (2005): (I) brotação até perfilhamento, caracterizada pelo crescimento lento e com duração de 120 a 200 dias após o plantio ou colheita (DAP ou DAC); (II) desenvolvimento da cultura ou grande crescimento, quando a altura das plantas aumenta rapidamente e a matéria seca acumulada chega a 75% do total, com início entre 120 a 200 DAP ou DAC e com duração de 130 a 200 dias; (III) maturação, caracterizada por crescimento lento e responsável por 11% da matéria seca, com duração de 100 dias, aproximadamente.

Os valores do K_c das fases de desenvolvimento da cultura e maturação foram os básicos de DOORENBOS e KASSAM (1979), corrigidos pela equação apresentada por ALLEN et al. (1998). Após a correção, os valores do K_c utilizados foram: de 0,7 a 1,3 na fase de desenvolvimento da cultura e de 0,7 na maturação. A ET_o (mm dia⁻¹) foi estimada pelo método de Penman-Monteith FAO56 (ALLEN et al., 1998).

O balanço hídrico decendial foi feito pelo método de THORNTHWAITE e MATHER (1957), com a capacidade de água disponível (CAD) calculada pela equação:

$$CAD(mm) = \frac{(\bar{\theta}_{cc} - \bar{\theta}_{pmp})}{100} \times D \times P$$

em que: CAD é a capacidade de água disponível, em milímetros; $\bar{\theta}_{cc}$ é a umidade do solo quando na capacidade de campo, em porcentagem; $\bar{\theta}_{pmp}$ é a umidade do solo quando no ponto de murcha permanente, em porcentagem;

D é a densidade volumétrica; e P é a profundidade efetiva do sistema radicular das plantas, em milímetros.

A profundidade efetiva do sistema radicular da cana-de-açúcar na região varia de 500 mm a 700 mm e, com base nos dados da umidade do solo na CC e PM, supracitadas, e com P igual a 60,0 mm, a CAD calculada foi 58,2 mm. Mas como P pode chegar até 700 mm, o valor da CAD foi padronizado em 60,0 mm nos cálculos do balanço hídrico.

Biometria e produtividade

As avaliações de índice de área foliar (IAF), comprimento de colmos (C) e número de perfilhos (NP) foram realizadas em três plantas marcadas nas três linhas centrais de cada parcela (área útil). As mensurações foram iniciadas aos 60 dias após o plantio ou colheita, repetindo-se a cada 60 dias até o final do ciclo.

A área foliar (AF) foi determinada por meio da contagem do número de folhas verdes (folhas totalmente expandidas com mínimo de 20% de área verde) e por medições de comprimento e largura das folhas +3. Em seguida estimou-se a AF segundo a metodologia descrita por HERMANN e CÂMARA (1999). Por meio dos valores da AF média de cada planta determinou-se o IAF de acordo com a equação:

$$IAF (m^2 m^{-2}) = [(AFP/Asolo) \times n^{\circ} \text{ de perfilhos por metro linear}]$$

em que: AFP é a área foliar média de uma planta (m²) e Asolo, a área de terreno ocupada por uma planta (m²).

As medidas de C foram feitas em 10 perfilhos industrializáveis – para tanto utilizou-se uma fita graduada em centímetros para medir a distância da base do colmo até o colarinho (*dewlap*) da folha +1. Os perfilhos foram encaminhados para análise tecnológica. O NP por metro foi determinado de maneira direta, isto é, contando-se os perfilhos da parcela útil.

A avaliação da produtividade de colmos (TCH) foi feita nas três linhas centrais e obtida com auxílio de um dinamômetro acoplado à garra de uma carregadeira de cana-de-açúcar. A TCH foi calculada por meio da massa de todos os colmos industrializáveis por parcela e da área ocupada por cada parcela (t ha⁻¹). Para determinação da produtividade de açúcar (TPH), um feixe de dez colmos de cada parcela foi encaminhado ao laboratório de análises tecnológicas para obtenção da concentração de sacarose (pol% cana). A TPH foi obtida por meio do produto entre a TCH e a pol% cana dividido por 100.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F seguido da aplicação do teste de Tukey (p<0,05). Foi feita regressão nas variáveis de crescimento, com a curva que mais se ajustava a cada situação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Balanço hídrico

Por meio do balanço hídrico do ciclo de cultivo da cana-planta foi observado déficit hídrico de 869 mm, sendo 528 mm do terceiro decêndio de setembro de 2005 ao primeiro decêndio de abril de 2006, e de 341 mm no final do ciclo de cultivo, entre o segundo decêndio de agosto e o segundo decêndio de novembro de 2006. Por outro lado, do terceiro decêndio de abril ao primeiro decêndio de agosto de 2006 ocorreu excesso hídrico de 837 mm (Figura 1).

Em cana-soca, o déficit hídrico total foi de 651 mm, sendo que 306,5 mm ocorreram do segundo decêndio de novembro de 2006 ao terceiro decêndio de abril de 2007 (na fase de estabelecimento da cultura) e 344,5 mm, do primeiro decêndio de setembro de 2007 ao terceiro decêndio de novembro de 2007 (fase de maturação) (Figura 1). No período de maio a agosto de 2007 houve excesso de 411,1 mm (fase de crescimento vegetativo).

No terceiro ciclo de cultivo (ressoca), o balanço hídrico revelou o maior excesso hídrico (1.036 mm) entre os ciclos estudados (Figura 1). Observou-se ainda déficit hídrico de 699 mm, dividido em dois períodos: 367 mm no início do desenvolvimento das plantas, entre o terceiro decêndio de novembro (2007) e o primeiro decêndio de março (2008), e 329 mm no período final do cultivo, do segundo decêndio de setembro ao terceiro decêndio de novembro de 2008.

Em três anos consecutivos de cultivo foi observado que a água excedente na estação da chuva foi em média de 736 mm, isto é, equivalente à quantidade média deficiente na estação seca, 722 mm, evidenciando a má distribuição das chuvas na região dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas. Na zona canavieira alagoana, a precipitação pluvial média é de 1.937 mm, sendo que desse total 1.397,9 mm (72,1%) ocorrem de abril a agosto e 539,6 mm (27,8%) precipitam-se entre setembro e março (SINDAÇUCAR, 2011), corroborando com nossos resultados. A necessidade hídrica

da cana-de-açúcar nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas está em torno de $4,9 \text{ mm dia}^{-1}$, totalizando 1.797 mm por ano (TEODORO et al., 2009), portanto, em tese, a quantidade de água precipitada seria suficiente para atender às necessidades hídricas da cultura. Assim, se a água excedente na estação chuvosa fosse armazenada nessa localidade seria suficiente para fazer irrigação plena da cultura durante a estação seca.

Crescimento das plantas

Tanto em cana-planta quanto na soca foi observado que o comprimento de colmos apresentou tendência a curva linear de crescimento em função do tempo em todas as variedades (Tabela 1). No entanto, em cana-ressoca somente o crescimento do comprimento dos colmos da variedade RB867515 apresentou tendência linear significativa, as demais variedades apresentaram tendência quadrática (Tabela 1).

Já para o número de perfilhos foi observado, em todos os ciclos e para todas as variedades, representação quadrática das curvas de tendência em função do tempo, com exceção da variedade RB92579, que não apresentou tendência de curva significativa na cana-soca (Tabela 2).

Em relação ao índice de área foliar em função do tempo, em cana-planta as variedades RB93509 e RB951541 não apresentaram tendência de curva significativa, enquanto nas demais variedades a resposta foi representada por tendência linear. Desempenho diferente foi verificado na cana-soca: nela, as variedades RB92579, RB931003 e RB951541 não tiveram tendência de curva significativa, no entanto as variedades RB863129, RB867515 e RB93509 tiveram representação quadrática. E, no ciclo de ressoca, todas as variedades tiveram tendência de curva linear, com exceção da RB931003, que apresentou tendência quadrática (Tabela 3).

Poucas diferenças de comprimento dos colmos das variedades foram observadas nos três ciclos de cultivo. Entretanto, em cana-planta a variedade RB867515 foi a que apresentou maior crescimento final dos colmos e a RB951541, o menor. Confrontando-se esses dados com o balanço hídrico

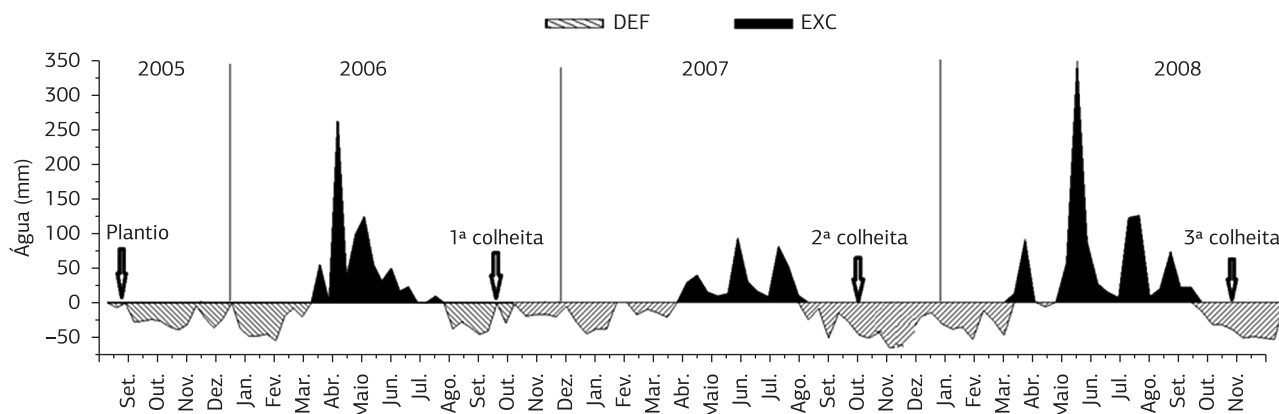


Figura 1. Balanço hídrico decenal da cultura, destaque para o déficit (DEF) e excesso (EXC) hídrico em cultivo de cana-de-açúcar (cana-planta, soca e ressoca) na região dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas no período de setembro de 2005 a novembro de 2008.

Tabela 1. Valor do quadrado médio (QM) da análise de regressão para comprimento dos colmos (C) de seis variedades de cana-de-açúcar durante os ciclos de cultivo de cana-planta, soca e ressoca na região de Rio Largo, AL

Causa de variação			QM		
Variedades	Ciclo	Tendência da linha	C	Equação	R ²
RB863129	Planta	Linear	57858**	$y = (0,9583x - 41,358)$	0,97
	Soca	Linear	49061**	$y = (0,8825x - 23,721)$	0,94
	Ressoca	Quadrática	2738,3*	$y = (-0,0024x^2 + 1,6734x - 51,54)$	0,98
RB867515	Planta	Linear	63942**	$y = (1,0074x - 50,997)$	0,96
	Soca	Linear	30625**	$y = (0,6975x + 0,4533)$	0,88
	Ressoca	Linear	36594**	$y = 0,7621x + 34,9$	0,94
RB92579	Planta	Linear	70665**	$y = (1,0591x - 64,801)$	0,97
	Soca	Linear	55927**	$y = (0,9422x - 37,093)$	0,96
	Ressoca	Quadrática	1334*	$y = (-0,0017x^2 + 1,4162x - 41,17)$	0,99
RB93509	Planta	Linear	58433**	$y = (0,9631x - 55,789)$	0,98
	Soca	Linear	49742**	$y = (0,8886x - 14,7)$	0,93
	Ressoca	Quadrática	1520,7*	$y = -0,0018x^2 + 1,4373x - 31,48$	0,99
RB931003	Planta	Linear	50666**	$y = (0,8968x - 53,811)$	0,96
	Soca	Linear	54427**	$y = (0,9293x - 32,193)$	0,95
	Ressoca	Quadrática	1328*	$y = (-0,0029x^2 + 2,0086x - 96,06)$	0,98
RB951541	Planta	Linear	48817**	$y = (0,8803x - 41,629)$	0,95
	Soca	Linear	50250**	$y = (0,8931x - 26,167)$	0,97
	Ressoca	Quadrática	1783*	$y = -0,0019x^2 + 1,501x - 44,14$	0,98

*e **: significativo ($p \leq 0,05$) e ($p \leq 0,01$), respectivamente**Tabela 2.** Valores de quadrados médios (QM) da análise de regressão para o número de perfilhos (NP) de seis variedades de cana-de-açúcar durante os ciclos de cultivo de cana-planta, soca e ressoca na região de Rio Largo, AL

Causa de variação			QM		
Variedades	Ciclo	Tendência da linha	NP	Equação	R ²
RB863129	Planta	Quadrática	40,74**	$y = (-0,0002x^2 + 0,1136x - 0,69)$	0,97
	Soca	Quadrática	28,23**	$y = (-0,0002x^2 + 0,1309x - 2,29)$	0,98
	Ressoca	Quadrática	35,88 **	$y = (-0,0003x^2 + 0,1414x - 2,93)$	0,98
RB867515	Planta	Quadrática	40,74*	$y = (-0,0003x^2 + 0,1386x - 0,67)$	0,96
	Soca	Quadrática	53,92*	$y = (-0,0003x^2 + 0,1609x - 2,59)$	0,97
	Ressoca	Quadrática	54,89**	$y = (-0,0003x^2 + 0,1607x - 2,65)$	0,98
RB92579	Planta	Quadrática	22,86**	$y = (-0,0001x^2 + 0,0784x + 2,95)$	0,96
	Soca		25,85 ^{ns}		
	Ressoca	Quadrática	25,74**	$y = (-0,0002x^2 + 0,1269x - 2,45)$	0,99
RB93509	Planta	Quadrática	31,02**	$y = (-0,0002x^2 + 0,1111x + 0,09)$	0,97
	Soca	Quadrática	33,06**	$y = (-0,0003x^2 + 0,1308x - 0,87)$	0,98
	Ressoca	Quadrática	45,91**	$y = (-0,0003x^2 + 0,1522x - 2,65)$	0,99
RB931003	Planta	Quadrática	11,12*	$y = -0,0002x^2 + 0,1139x + 1,51$	0,87
	Soca	Quadrática	33,44*	$y = (-0,0003x^2 + 0,1277x + 0,02)$	0,91
	Ressoca	Quadrática	32,68*	$y = (-0,0003x^2 + 0,128x - 0,46)$	0,91
RB951541	Planta	Quadrática	25,80*	$y = (-0,0003x^2 + 0,139x - 1,7)$	0,97
	Soca	Quadrática	45,64**	$y = (-0,0003x^2 + 0,1494x - 2,65)$	0,97
	Ressoca	Quadrática	55,53**	$y = (-0,0003x^2 + 0,1631x - 3,87)$	0,99

^{ns}, * e **: não significativo, significativo ($p \leq 0,05$) e ($p \leq 0,01$), respectivamente

da cultura (Figura 1), verifica-se que na cana-planta houve deficiência hídrica de 579 mm entre o primeiro decêndio de setembro de 2005 até o terceiro decêndio de abril de 2006. Essa deficiência prejudicou o desenvolvimento inicial da cultura, resultando em comprimento médio dos colmos de 171 cm. Entre o primeiro decêndio de maio e o último decêndio de agosto, a cultura passou por excesso hídrico de 696 mm, o que estimulou o crescimento das plantas e levou

o comprimento médio final de colmos a atingir 359 cm. No final do ciclo de produção (do primeiro decêndio de setembro até o último decêndio de novembro de 2006), a cultura foi submetida a déficit hídrico (215 mm), o qual foi benéfico em virtude de favorecer a maturação das plantas.

Quando observado o crescimento dos colmos em cana-soca (Tabela 1), verifica-se que a variedade RB931003 foi a que teve maior comprimento dos colmos no final do ciclo e a

Tabela 3. Valores de quadrados médios (QM) da análise de regressão para o índice de área foliar (IAF) de seis variedades de cana-de-açúcar durante os ciclos de cultivo de cana-planta, soca e ressoca na região de Rio Largo, AL

Causa de variação		QM			
Variedades	Ciclo	Tendência da linha	IAF	Equação	R ²
RB863129	Planta	Linear	57,86**	$y = (0,0066x + 1,1427)$	0,61
	Soca	Quadrática	3,01**	$y = (-8E-05x^2 + 0,0317x + 0,99)$	0,95
	Ressoca	Linear	11,04*	$y = (0,0132x + 1,2533)$	0,68
RB867515	Planta	Linear	3,43*	$y = (-2E-05x^2 + 0,0167x + 0,39)$	0,73
	Soca	Quadrática	1,04*	$y = (3E-05x^2 - 0,0166x + 4,28)$	0,50
	Ressoca	Linear	16,32*	$y = (0,0161x + 1,4867)$	0,67
RB92579	Planta	Linear	15,29**	$y = (0,0156x + 0,0447)$	0,76
	Soca		0,10 ^{ns}		
	Ressoca	Linear	19,03*	$y = (0,0132x + 1,2533)$	0,68
RB93509	Planta		2,56 ^{ns}		
	Soca	Quadrática	3,24*	$y = (-8E-05x^2 + 0,0304x + 1,59)$	0,83
	Ressoca	Linear	23,32*	$y = (0,0192x + 0,9267)$	0,71
RB931003	Planta	Linear	6,10*	$y = (-6E-06x^2 + 0,0125x - 0,022)$	0,95
	Soca		0,08 ^{ns}		
	Ressoca	Quadrática	3,44*	$y = (-9E-05x^2 + 0,0485x - 1,08)$	0,98
RB951541	Planta		1,54 ^{ns}		
	Soca		0,08 ^{ns}		
	Ressoca	Linear	8,85*	$y = (0,0119x + 1,2933)$	0,52

^{ns}, * e **: não significativo, significativo ($p \leq 0,05$) e ($p \leq 0,01$), respectivamente

RB863129, o menor. No entanto, no período de maior disponibilidade hídrica, maio a agosto de 2007, observou-se melhor resposta na variedade RB93509 e, em consequência, maior comprimento dos colmos. Entretanto, essa última variedade não sustentou esse resultado até o final do ciclo, quando passou pelo segundo período de deficiência hídrica.

No terceiro ciclo de cultivo, cana-ressoca, foi observado na variedade RB867515 maior comprimento dos colmos e, na RB863129, o menor (Tabela 1). Vale ressaltar que a RB867515 teve menor crescimento em cana-soca. Na ressoca houve o período de maior precipitação, resultando no maior excesso hídrico (1.036 mm) dos três ciclos. Observa-se ainda que do déficit hídrico de 699 mm, apenas 367 mm ocorreram no início do desenvolvimento das plantas, entre o terceiro decêndio de novembro de 2007 e o primeiro decêndio de março de 2008, enquanto 329 mm ocorreram no período final do cultivo (do segundo decêndio de setembro ao terceiro decêndio de novembro de 2008).

Entre os fatores de maior importância para atingir alta produtividade na cana-de-açúcar está o conhecimento dos padrões de crescimento de cada variedade, o que permite manejar a cultura para que as fases de máximo desenvolvimento coincidam com os períodos de maior disponibilidade hídrica, sem negligenciar, no entanto, a importância da umidade do solo nas fases de brotação, emergência e perfilhamento (ALMEIDA et al., 2008). Portanto, o conhecimento das curvas de crescimento durante o ciclo de produção das variedades de cana-de-açúcar é importante para ajustá-las aos períodos de maior disponibilidade hídrica ou para determinar quantidades de aplicação de água via irrigação em períodos plenos ou de salvação da cultura.

A variável número de perfilhos teve tendência similar de crescimento em cana-planta, soca e ressoca para as variedades estudadas (Tabela 2), no entanto, na RB867515 foi verificada maior quantidade de perfilhos nos três ciclos da cultura aos 240 dias, coincidindo com o período de maior disponibilidade de água (Figura 1), seguida de uma acentuada redução no perfilhamento, atribuída ao período de déficit hídrico no solo, além do aumento da competição intraespecífica por água, luz, nutrientes e espaço, levando à morte os perfilhos mais jovens, fracos e mal posicionados (SILVA et al., 2008a). Ao final do período de crescimento dos três ciclos, a variedade RB863129 apresentou, em média, o maior número de perfilhos, enquanto a RB951541, o menor. Contudo, verificou-se na variedade RB863129 maior número de perfilhos na cana-planta e na soca, ou seja, ciclos em que houve déficit hídrico acentuado, evidenciando-se sua capacidade de tolerância, sendo ela, portanto, uma opção de manejo varietal para a região dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas.

Em relação ao índice de área foliar (IAF), constatou-se influência do regime hídrico do ciclo de cultivo: na cana-soca, que apresentou o maior déficit hídrico nesta pesquisa, foi verificado o menor IAF para todas as variedades. Dentro de cada ciclo, os maiores valores de IAF foram observados durante os períodos de maior precipitação, entre maio e agosto, devido à condição favorável ao crescimento vegetativo, depois esses valores decresceram devido à senescência das folhas, em função da deficiência hídrica e da maturação da cultura (Tabela 3 e Figura 1).

Em cana-planta, o maior IAF foi verificado na variedade RB92579 e o menor, na RB867515 (Tabela 3). No ciclo

de cana-soca constatou-se o maior IAF na variedade RB93509 e novamente na variedade RB867515, o menor, ressaltando-se que nessa variedade foi observado também o menor comprimento dos colmos nesse ciclo, o que revela a importância do desenvolvimento da área foliar para o estabelecimento da cultura e o fechamento do dossel, assim como para a maximização da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (SINCLAIR et al., 2004). No ciclo de cultivo da ressoca, o de menor déficit hídrico, a variedade RB93509 foi a que apresentou o maior IAF e a variedade RB951541, o menor, no entanto a RB867515, que teve o menor IAF nos dois ciclos anteriores, apresentou o segundo maior IAF e o maior comprimento dos colmos (Tabela 1).

Nos Tabuleiros Costeiros Alagoanos, ALMEIDA et al. (2008) observaram que a variedade RB92579 alcançou valores de IAF superiores a 3 aos 100 dias após o plantio, o que contribuiu para a melhor eficiência no uso da água e para o maior acúmulo de matéria seca e, ainda, que esta variedade sempre apresentou IAF elevado e resposta rápida à disponibilidade hídrica. Essa região é sujeita a períodos de déficit hídrico acentuado, com grande perda de água por evapotranspiração. Em relação ao ciclo fenológico

da cana-de-açúcar, esses períodos coincidem com maior perfilhamento, levando à competição intrínseca por água. No entanto, no período de grande crescimento da cultura há disponibilidade hídrica, assim maiores produtividades podem ser alcançadas no manejo de variedades com respostas rápidas em IAF e comprimento dos colmos nesses períodos.

Produtividade agrícola

Durante o ciclo da cana-planta não houve diferença significativa para a produtividade de colmos (TCH) entre as variedades, porém a RB92579 destacou-se como a mais produtiva em valores absolutos (Figura 2a). A TCH nesse ciclo variou de 102 t a 76 t ha⁻¹.

Na cana-soca, as TCHs foram menores, média de 75 t ha⁻¹: a variedade RB92509 foi a mais produtiva (95,8 t ha⁻¹), acompanhada das variedades RB931003, RB867515 e RB92579, enquanto a menor TCH foi creditada para RB863129 (65,8 t ha⁻¹) (Figura 2a). Durante o ciclo de cana-soca houve maior déficit hídrico, ou seja, de 544 mm em 210 dias, o que refletiu em menor produtividade média. Dessa deficiência hídrica, 181 mm ocorreram em até 80 dias

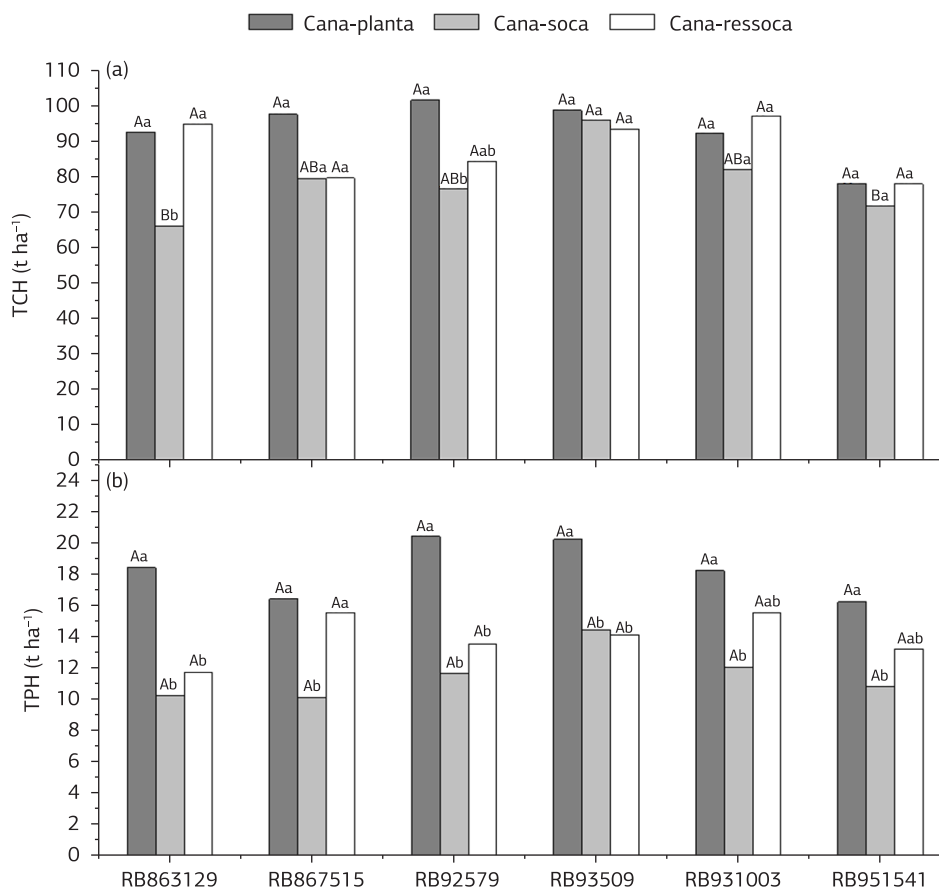


Figura 2. Produtividade de colmos (TCH) (a) e de açúcar (TPH) (b) de seis variedades de cana-de-açúcar nos ciclos da cana-planta (2005-2006), cana-soca (2006-2007) e cana-ressoca (2007-2008) na região de Rio Largo, AL; médias entre as variedades e dentro do mesmo ciclo seguidas por mesma letra maiúscula e médias dentro da mesma variedade e entre ciclos seguidas por mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

antes da colheita do primeiro cultivo, o que prejudicou a brotação da soqueira, situação agravada ainda mais pelo restante do estresse (363 mm) ter ocorrido nos 130 dias iniciais do desenvolvimento da cultura (Figura 1).

No terceiro ciclo de cultivo, apesar de não ter havido diferença significativa, a TCH média foi de 88 t ha⁻¹, isto é, bem próxima da cana-planta (89 t ha⁻¹). Algumas variedades destacaram-se por apresentar TCHs médias maiores na cana-ressoca do que na cana-planta, tais como as variedades RB931003, RB93509 e RB867515, que produziram na cana-planta 92 t, 98 t e 92 t ha⁻¹ e, na ressoca, 107 t, 100 t e 99 t ha⁻¹, respectivamente. Nesse ciclo, a variedade menos produtiva foi a RB951541, com 77,6 t ha⁻¹. As maiores TCHs no terceiro cultivo podem ser atribuídas ao menor déficit hídrico (367 mm) no período de brotação e desenvolvimento inicial (Figura 1), o que levou ao melhor perfilhamento das plantas (Tabela 2).

Nos três ciclos de cultivo verificou-se que a variedade RB93509 foi a menos afetada pelos regimes hídricos dos anos agrícolas, não apresentando diferença significativa entre as TCHs (Figura 2a) e apresentando, ainda, a maior média nos três ciclos, 95,9 t ha⁻¹, seguida pela RB931003, com média de 91,2 t ha⁻¹ (Figura 3), o que demonstra sua rusticidade e estabilidade sob variações climáticas, sendo esta variedade indicada para cultivo na região. Por outro lado, a variedade RB863129, apesar de responsiva aos anos com maior pluviosidade durante o período de grande crescimento, foi a que menos produziu em ano de forte restrição hídrica, e a variedade RB951541 foi a que apresentou menor média de TCH nos três ciclos, o que indica não serem essas variedades recomendadas para cultivo nos Tabuleiros Costeiros Alagoanos.

Quanto à produtividade de açúcar (TPH), não foram observadas diferenças entre as variedades em nenhum dos três ciclos avaliados (Figura 2b). Entretanto, entre ciclos houve respostas diferenciadas para as variedades. Na cana-planta foram observados os maiores valores de TPH e na cana-soca, os menores, certamente influenciados pela deficiência hídrica observada no segundo ciclo, que levou à redução da TCH (Figura 2a), um dos componentes na obtenção da TPH. Na cana-ressoca foram observadas as menores TPHs nas variedades RB863129, RB92579 e RB93509, as quais não se diferenciaram da cana-soca, porém a RB867515 respondeu positivamente às condições climáticas no terceiro ciclo e teve TPH semelhante à do primeiro ciclo (Figura 2b). Na média dos três ciclos, a variedade RB93509 destacou-se por apresentar o maior valor, 16,2 t ha⁻¹ (Figura 3), seguida pelas variedades RB931003, RB92579 e RB867515, confirmando-se assim sua aptidão para a região.

ALMEIDA et al. (2008) também encontraram respostas diferenciadas entre quatro variedades de cana-de-açúcar cultivadas em dois ciclos (cana-planta e cana-soca) na região dos Tabuleiros Costeiros Alagoanos: a variedade RB92579 foi indicada como melhor opção de cultivo para aquelas condições. OLIVEIRA et al. (2010), estudando o comportamento de variedades de cana-de-açúcar apenas no primeiro ciclo de cultivo na região de Carpina, PE, registraram que a RB92579, apesar de não apresentar altura e diâmetro superiores aos das demais variedades, foi a mais produtiva, evidenciando que outras características morfológicas, como o perfilhamento e o índice de área foliar, podem ser mais decisivas na produção final de matéria seca. GAVA et al. (2011), estudando três variedades de cana-de-açúcar também em cana-planta na região de Jaú, SP, observaram que a variedade

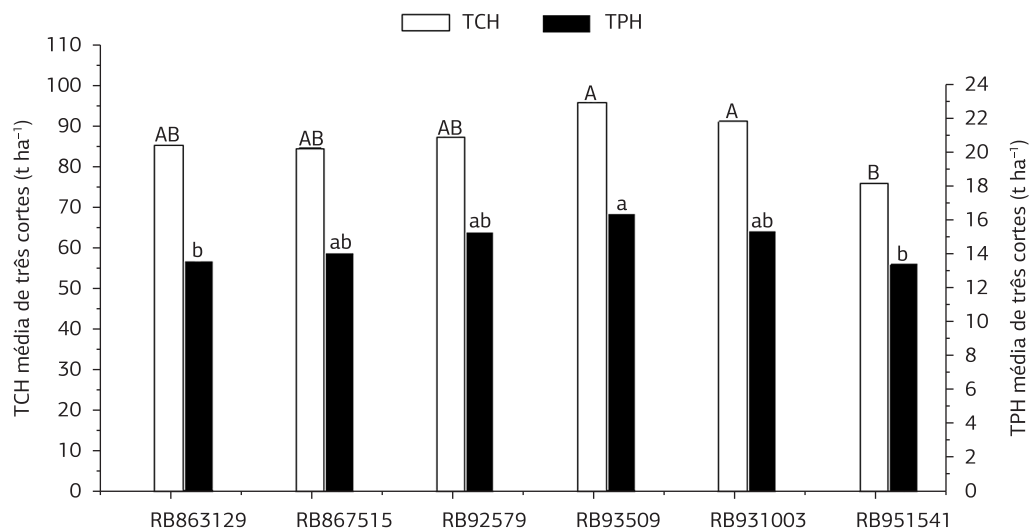


Figura 3. Produtividade média de colmos (TCH) e de açúcar (TPH) nos três ciclos de cultivo (2005-2006, 2006-2007 e 2007-2008) de seis variedades de cana-de-açúcar na região de Rio Largo, AL; médias entre as variedades seguidas por mesma letra maiúscula para TCH e médias dentro da mesma variedade seguidas por mesma letra minúscula para TPH não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

RB867515 foi a mais produtiva tanto sob disponibilidade quanto sob restrição hídrica.

Neste estudo, a variedade RB92579 destacou-se na cana-planta com o maior IAF e o maior TCH em valores absolutos. A variedade RB867515 também despontou entre as mais produtivas na cana-planta e, apesar de afetada pela deficiência hídrica na cana-soca, foi responsiva para TPH nas melhores condições hídricas do ciclo de cana-ressoca. Entretanto, as variedades RB93509 e RB931003 surgiram como as melhores opções a considerar no manejo varietal na região dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas devido à estabilidade da produção de colmos e de açúcar ao longo dos diferentes ciclos de cultivo.

4. CONCLUSÃO

A irregularidade das precipitações nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas promoveu respostas diferenciais no desenvolvimento e na produtividade das variedades de cana-de-açúcar nos diferentes ciclos de cultivo. As variedades RB93509 e RB931003 têm melhor desempenho nas diferentes condições hídricas de cultivo e são consideradas opções para o manejo varietal nessa região.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, n.56).
- ALMEIDA, A.C.S.; SOUZA, J.L.; TEODORO, I.; BARBOSA, G.V.S.; MOURA FILHO, G.; 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. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542008000500013>
- BARBOSA, G.V.S.; SOUZA, A.J.R.; ROCHA, A.M.C.; RIBEIRO, C.A.G.; FERREIRA, J.L.C.; SOARES, L.; CRUZ, M.M.; SILVA, W.C.M. Novas variedades RB de cana-de-açúcar para Alagoas. Maceió: UFAL; Programa de Melhoramento Genético de Cana-de-Açúcar, 2000. 16p. (Boletim Técnico Programa de Melhoramento Genético de Cana-de-Açúcar).
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Safra 2011/2012. Terceiro Levantamento (novembro/2012). Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: nov. 2012.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. Yields response to water. Rome: FAO, 1979. 306p. (FAO: Irrigation and Drainage Paper, n.33).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- GAVA, G.J.G.; SILVA, M.A.; SILVA, R.C.; JERÔNIMO, 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*, v.15, p.250-255, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662011000300005>
- HERMANN, E.R.; CÂMARA, G.M.S. Um método simples para estimar a área foliar de cana-de-açúcar. *Revista da STAB*, v.17, p.32-35, 1999.
- INMAN-BAMBER, N.G.; SMITH, D.M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. *Field Crops Research*, v.92, p.185-202, 2005. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2005.01.023>
- OLIVEIRA, R.A.; DAROS, E.; ZAMBON, J.L.C.; WEBER, H.; IDO, O.T.; ZUFELLATO-RIBAS, K.C.; KOEHLER, H.S.; SILVA, D.K.T. Crescimento e desenvolvimento de três cultivares de cana-de-açúcar, em cana-planta, no estado do Paraná: Taxas de crescimento. *Scientia Agraria*, v.6, p.85-89, 2005.
- OLIVEIRA, E.C.A.; OLIVEIRA, R.I.; ANDRADE, B.M.T.; FREIRE, F.J.; LIRA JÚNIOR, M.A.; MACHADO, P.R. Crescimento e acúmulo de matéria seca em variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, p.951-960, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000900007>
- RAMESH, P.; MAHADEVASWAMY, M. Effect of formative phase drought on different classes of shoots, shoot mortality, cane attributes, yield and quality of four sugarcane cultivars. *Journal of Agronomy & Crop Science*, v.185, p.249-258, 2000. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1439-037x.2000.00399.x>
- SILVA, M.A. Interação genótipo x ambiente e estabilidade fenotípica de cana-de-açúcar em ciclo de cana de ano. *Bragantia*, v.67, p.109-117, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052008000100013>
- SILVA, M.A.; JERONIMO, E.M.; LÚCIO, A.D. Perfilhamento e produtividade de cana-de-açúcar com diferentes alturas de corte e épocas de colheita. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, p.979-986, 2008a. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2008000800005>
- SILVA, M.A.; SOARES, R.A.B.; LANDELL, M.G.A.; CAMPANA, M.P. Agronomic performance os sugarcane families in response to water stress. *Bragantia*, v.67, p.655-661, 2008b. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052008000300014>
- SINDICATO DA INDÚSTRIA DO AÇÚCAR E DO ÁLCOOL NO ESTADO DE ALAGOAS – SINDAÇUCAR. Boletim da safra 2011/2012, n.26. 2011. Disponível em: <<http://www.sindacucar-al.com.br>>. Acesso em: 10 nov. 2012.
- SINCLAIR, T.R.; GILBERT, R.A.; PERDOMO, R.E.; SHINE JUNIOR, 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. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2003.12.005>
- TEODORO, I.; SOUZA, J. L.; BARBOSA, G.V.; MOURA FILHO, G.; DANTAS NETO, J.; ABREU, M.L. Crescimento e produtividade da cana-de-açúcar em cultivo de sequeiro nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas. *Revista da STAB*, v.27, p.31-34, 2009.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. Instructions and tables for computing potencial evapotranspiration and the water balance. Cetertron: Drexel Institute of Technology – Laboratory of Climatology, 1957. 311p. (Publications in Climatology, v.X, n.3).