



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA



LAÍS FERNANDA MELO PEREIRA

**TEORES DE AÇÚCARES DE QUATRO GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR EM  
DIFERENTES PORÇÕES DO COLMO DURANTE A FASE DE MATURAÇÃO**

RIO LARGO - ALAGOAS

2014

LAÍS FERNANDA MELO PEREIRA

**TEORES DE AÇÚCARES DE QUATRO GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR EM  
DIFERENTES PORÇÕES DO COLMO DURANTE A FASE DE MATURAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências  
Agrárias da Universidade Federal de Alagoas,  
como parte dos requisitos para a obtenção do  
título de Mestre em Agronomia (Produção  
Vegetal).

**Orientação:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vilma Marques Ferreira

**Co-orientação:** Prof. Dr. Laurício Endres

RIO LARGO - ALAGOAS

2014

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**  
**Bibliotecária Responsável: Maria Auxiliadora G. da Cunha**

- P436t    Pereira, Laís Fernanda Melo.  
          Teores de açúcares de quatro genótipos de cana-de-açúcar em diferentes  
          porções do colmo durante a fase de maturação / Laís Fernanda Melo Pereira.  
          – 2014.  
          45 f. : il.
- Orientadora: Vilma Marques Ferreira.  
          Co-orientador: Laurício Endres.  
          Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Alagoas.  
          Centro de Ciências Agrárias, Rio Largo, 2014.
- Bibliografia: f. 39-45.
1. Glicose. 2. Frutose. 3. Sacarose. 4. Sólidos solúveis totais. 5.  
          Produtividade. I. Título.

CDU: 633.61

*A minha mãe Tereza Cristina Melo dos Santos e minha amada vó Enilda Melo dos Santos,  
pela educação, paciência e apoio nessa caminhada.*

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A professora Vilma Marques Ferreira pela confiança, amizade, incentivo e orientação.

Aos professores Laurício Endres, Iêdo Teodoro, Renan Cantalice de Souza e Anderson Carlos Marafon pelo apoio e contribuição na realização deste trabalho.

Ao professor Nelson Geraldo de Oliveira, pela amizade, ajuda e ensinamentos durante o trabalho de pesquisa.

A todos os companheiros do Laboratório de Ecofisiologia Vegetal pela amizade e convivência, especialmente aos colegas Luan Noberto, Thiago Cândido, Felipe Cardoso, Manoel Vitor, Ivanildo Claudino, Paul Lineker, Alisson Almeida e Karina Moura Galvão.

Ao colega Pedro Luã Vieira de Souza Sarmento, pela confiança e apoio nas coletas experimentais.

A todos os colegas de turma da Pós-graduação pela convivência durante todo o curso.

Ao Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar (PMGCA) da UFAL.

Ao corpo docente da Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal) pela dedicação ao ensino.

Aos funcionários do Centro de Ciências Agrárias e do Programa de Pós-graduação, em especial Geraldo, Marcos e Michele.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa.

A Universidade Federal de Alagoas e ao Centro de Ciências Agrárias pela minha formação.

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivos analisar os teores de açúcares solúveis durante a fase de maturação e avaliar os índices tecnológicos e de produtividade de quatro genótipos de cana-de-açúcar irrigada na região de Rio Largo-AL. O experimento foi conduzido em blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 2 x 5, constituído de quatro genótipos (RB92579, RB98710, RB99395 e RB961003), duas porções do colmo (entrenós de 1 a 4 e entrenós de 5 a 8) e cinco épocas de coletas (82, 49, 25, 13 e 3 dias antecedendo a colheita), com três repetições. Este foi instalado em campo, em área de cultivo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, sob irrigação por gotejamento. Aos 25 dias antecedendo a colheita, a irrigação foi suspensa. Aos 82, 49, 25, 13 e 3 dias antecedendo a colheita, foram retirados três colmos de cada genótipo de cana-de-açúcar por repetição, formando as amostras, dos quais foram retiradas duas porções: entrenós de 1 a 4 e entrenós de 5 a 8, utilizadas para extração do caldo e neste quantificadas as concentrações de frutose, glicose e sacarose em HPLC e a leitura do °Brix em refratômetro digital portátil. Para a determinação dos índices tecnológicos e de produtividade, foram utilizados os colmos colhidos de uma linha dupla de 5 m de comprimento da área amostral, os quais foram pesados e enviados para o laboratório da Usina Santa Clotilde, localizada no município de Rio Largo-AL. Foram realizadas análises de variância e as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, sendo os dados de açúcares analisados em parcelas subdivididas no tempo. Os entrenós de 1 a 4 apresentaram os maiores teores de açúcares redutores, enquanto que o maior acúmulo de sacarose e sólidos solúveis totais ocorreu nos entrenós de 5 a 8. O genótipo RB99395 demonstrou mais estabilidade nos níveis dos açúcares durante a maturação da cana.

**Palavras-chave:** Glicose, frutose, sacarose, sólidos solúveis totais, produtividade.

## ABSTRACT

This study aimed to analyze the content of soluble sugars during the maturation phase and assess technological indices and productivity of four genotypes of sugarcane irrigated in the region of Rio Largo-AL. The experiment was conducted in a randomized block design, factorial  $4 \times 2 \times 5$ , consisting of four genotypes (RB92579, RB98710, RB99395 and RB961003), two portions of the culm (internodes from 1 to 4 and internodes of 5 to 8) and sampling times (82, 49, 25 13 and 3 days preceding the harvest), with three replicates. This was installed in the field in the growing area of the Center for Agrarian Sciences, Federal University of Alagoas, under drip irrigation. At 25 days preceding the harvest, irrigation was suspended. After 82, 49, 25 13 and 3 days preceding the harvest, three stems of each genotype of sugarcane by repeating forming the samples were removed, portions of which two were withdrawn: internodes from 1 to 4 and internodes of 5 to 8, used to extract the juice, and this quantified the concentrations of fructose, glucose and sucrose in HPLC and the Brix reading on portable digital refractometer. To determine the technological indices and productivity were used culms harvested a pair of 5 m length of line sampling area, which were weighed and sent to the laboratory of Usina Santa Clotilde, located in Rio Largo-AL. Analyses of variance were performed and means were compared by Tukey test at 5 % probability, and data analysis of sugars in split plot. Internodes 1 to 4 showed the highest levels of reducing sugars, while the largest accumulation of sucrose and total soluble solids occurred in the internodes 5 to 8. The RB99395 genotype showed more stability in the levels of sugars during maturation of sugarcane.

**Keywords:** Glucose, fructose, sucrose, total soluble solids, productivity.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> Composição do colmo da cana-de-açúcar (RIBEIRO et al., 1999). .....                                                                                                                                                                                            | 14 |
| <b>Figura 2.</b> Fases fenológicas da cana-de-açúcar (GASCHO; SHIH, 1983). .....                                                                                                                                                                                                | 16 |
| <b>Figura 3.</b> Precipitação pluvial (chuva), irrigação e evapotranspiração da cultura da cana-de-açúcar (ETc) na região de Rio Largo-AL, no período de 06/11/12 a 04/02/13.....                                                                                               | 22 |
| <b>Figura 4.</b> Temperatura (A), umidade relativa do ar (B) e déficit de pressão de vapor (C) da região de Rio Largo-AL, no período de 06/11/12 a 04/02/13 .....                                                                                                               | 23 |
| <b>Figura 5.</b> Curva padrão de frutose (A), glicose (B) e sacarose (C), em função das concentrações (mg ml <sup>-1</sup> ) utilizadas e suas respectivas áreas .....                                                                                                          | 24 |
| <b>Figura 6.</b> Teores de frutose do caldo de quatro genótipos de cana-de-açúcar nos entrenós de 1 a 4 e de 5 a 8, em função dos dias antes da colheita na região de Rio Largo-AL. As barras indicam o desvio padrão da média de três observações .....                        | 27 |
| <b>Figura 7.</b> Teores de glicose do caldo de quatro genótipos de cana-de-açúcar nos entrenós de 1 a 4 e de 5 a 8, em função dos dias antes da colheita na região de Rio Largo-AL. As barras indicam o desvio padrão da média de três observações .....                        | 28 |
| <b>Figura 8.</b> Teores de sacarose do caldo de quatro genótipos de cana-de-açúcar nos entrenós de 1 a 4 e de 5 a 8, em função dos dias antes da colheita na região de Rio Largo-AL. As barras indicam o desvio padrão da média de três observações .....                       | 29 |
| <b>Figura 9.</b> Teores de sólidos solúveis totais (°Brix) do caldo de quatro genótipos de cana-de-açúcar nos entrenós de 1 a 4 e de 5 a 8, em função dos dias antes da colheita na região de Rio Largo-AL. As barras indicam o desvio padrão da média de três observações..... | 30 |



## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1.</b> Teores médios de frutose e glicose do caldo de quatro genótipos de cana-de-açúcar nos entrenós de 1 a 4 e de 5 a 8, durante 90 dias antes da colheita na região de Rio Largo-AL .....                         | 31 |
| <b>Tabela 2.</b> Teores médios de sacarose e sólidos solúveis totais (°Brix) do caldo de quatro genótipos de cana-de-açúcar nos entrenós de 1 a 4 e de 5 a 8, durante 90 dias antes da colheita na região de Rio Largo-AL..... | 32 |
| <b>Tabela 3.</b> Valores médios dos índices tecnológicos (°Brix, Pol da cana e Fibra) de quatro genótipos de cana-de-açúcar, na região de Rio Largo-AL, 2013 .....                                                             | 33 |
| <b>Tabela 4.</b> Valores médios dos índices tecnológicos (Pureza, Açúcares Redutores - AR e Açúcares Redutores Totais - ART) de quatro genótipos de cana-de-açúcar, na região de Rio Largo-AL, 2013.....                       | 35 |
| <b>Tabela 5.</b> Valores médios dos Açúcares Totais Recuperáveis (ATR) e Produtividade agrícola (TCH) de quatro genótipos de cana-de-açúcar, na região de Rio Largo-AL, 2013 .....                                             | 36 |

## SUMÁRIO

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO.....                                                     | 10 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA .....                                         | 12 |
| 2.1 Cana-de-açúcar .....                                               | 12 |
| 2.2 Composição química do colmo da cana-de-açúcar.....                 | 14 |
| 2.3 Maturação da cana-de-açúcar .....                                  | 15 |
| 2.4 Características tecnológicas .....                                 | 18 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS.....                                             | 20 |
| 3.1 Localização e descrição da área experimental .....                 | 20 |
| 3.2 Instalação da cultura .....                                        | 20 |
| 3.3 Manejo da cultura .....                                            | 21 |
| 3.4 Determinação dos teores de açúcares e sólidos solúveis totais..... | 23 |
| 3.5 Colheita, avaliação dos índices tecnológicos e produtividade.....  | 25 |
| 3.6 Análise estatística.....                                           | 25 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                        | 26 |
| 4.1 Açúcares e sólidos solúveis totais.....                            | 26 |
| 4.2 Índices tecnológicos e de produtividade da cana-de-açúcar .....    | 33 |
| 5. CONCLUSÕES .....                                                    | 38 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                    | 39 |

## 1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é uma cultura de grande relevância na economia mundial, destacando-se como matéria-prima para produção de açúcar, álcool, fermento e outros derivados (CESNIK; MIOCQUE, 2004). De acordo com Toppa et al. (2010), o rendimento econômico desta cultura é dado pela produção de sacarose, além dos açúcares redutores que são utilizados na formação do melaço e também a fibra, que pode ser aproveitada como fonte de energia na própria usina.

Atualmente, o Brasil apresenta área cultivada de 8,4 milhões de hectares e tornou-se o maior produtor de açúcar e etanol de cana-de-açúcar do mundo, ocupando posição de liderança na tecnologia de sua produção. No estado de Alagoas, a cana-de-açúcar é a principal cultura agrícola, com produção média estimada em 23,5 milhões de toneladas de colmos na safra 2012/2013 (CONAB, 2013).

A produtividade da cana-de-açúcar é determinada principalmente pela fotossíntese, dado que a acumulação de esqueletos de carbonos (açúcar) no colmo e o seu tamanho são proporcionais à atividade fotossintética durante todo o ciclo da cultura (CASTRO et al., 2002). A planta possui metabolismo fotossintético C4, tendo como principal característica elevadas taxas fotossintéticas, sendo altamente eficiente na conversão de energia radiante em energia química (RODRIGUES, 1995; OLIVEIRA et al., 2004) nas condições tropicais.

As características inerentes a cada genótipo e as variações climáticas que prevalecem durante o desenvolvimento da cultura influenciam a eficiência fotossintética das plantas (LEITE, 2007). Segundo SINCLAIR et al. (2004), a precipitação pluvial, radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa do ar e a intensidade luminosa são fatores importantes na determinação da disponibilidade hídrica e térmica da cana-de-açúcar.

Desde os primeiros meses de crescimento e desenvolvimento, a cana acumula açúcares paulatinamente nos entrenós, sendo os valores de sacarose mais elevados em direção ao centro do entrenó, declinando no sentido dos nós. O acúmulo máximo de sacarose só ocorre quando a planta encontra condições restritivas ao seu crescimento, processo conhecido como maturação (RODRIGUES, 1995). Durante o processo, o terço basal do colmo apresenta teor mais elevado de açúcar do que o terço médio e, este, maior teor do que o terço apical. Com o avanço da maturação, o teor de sacarose tende a se igualar nas diversas partes dos colmos (FERNANDES, 1982).

Em cana-de-açúcar, melhorias no rendimento do açúcar podem ser alcançadas por incrementos na concentração de açúcar e na pureza do caldo, que representa a proporção de

sacarose em açúcares totais, ou ambos (LINGLE e SMITH, 1991). A estimativa do grau ideal de maturação para obtenção de maior rendimento é possível correlacionando-se ao pol da cana, que é um indicativo da quantidade de sacarose, a outros índices tecnológicos como teor de sólidos solúveis totais (°Brix), pureza e açúcares redutores (FERNANDES, 2000).

Na produção comercial, a maturação é um processo contínuo que pode ser aprimorado por fatores ambientais ou práticas de manejo que paralise o crescimento da planta. Estes incluem baixas temperaturas, suspensão da irrigação, limitação da adubação nitrogenada e aplicação de maturadores químicos (LINGLE e SMITH, 1991). No entanto, as variedades diferem entre si quanto à curva de maturação, além de apresentarem diferentes potenciais para o florescimento, o qual diminui a concentração de sacarose e aumenta o teor de fibra no colmo, processo conhecido como isoporização (FRANZÉ, 2010). Assim, pesquisas que possibilitem estabelecer curvas de maturação de diferentes genótipos de cana-de-açúcar, no ambiente edafoclimático local, podem indicar o período de colheita adequado para garantir melhor qualidade da matéria-prima.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivos analisar os teores de açúcares solúveis durante a fase de maturação e avaliar os índices tecnológicos e de produtividade de quatro genótipos de cana-de-açúcar irrigada na região de Rio Largo-AL, na safra 2012/2013.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) é uma planta perene pertencente à família Poaceae que possui várias utilidades, visto que é usada como matéria-prima para as agroindústrias do açúcar, álcool e aguardente, além de representar para o nosso país uma fonte de grande geração de empregos e renda no meio rural (FELIPE, 2008).

A lavoura canavieira assume papel relevante no cenário econômico mundial e nacional, sendo o Brasil um dos países mais apropriados para a produção dessa cultura agrícola, uma vez que apresenta condições edafoclimáticas propícias e custos de produção considerados baixos em relação a outros países produtores (VALE, 2013).

De acordo com informações da CONAB (2013), a cana-de-açúcar ocupa hoje no Brasil uma área de 8,4 milhões de hectares e tem produção anual próxima de 588,9 milhões de toneladas de colmos industrializáveis, sendo o Estado de São Paulo, com 52% da área plantada no país, o maior produtor seguido por Goiás, Minas Gerais, Paraná, Mato Grosso do Sul, Alagoas, Mato Grosso e Pernambuco. O Estado de Alagoas destaca-se na região Nordeste pelo alto nível tecnológico utilizado, tanto no campo como na indústria, entretanto, produziu apenas 23,5 milhões de toneladas de cana-de-açúcar em uma área de 445,7 mil hectares na safra 2012/2013.

Um dos aspectos conhecidos e responsáveis pela oscilação dos rendimentos da cana-de-açúcar, na costa leste do Nordeste brasileiro, é a deficiência hídrica ocasionada pela irregularidade das chuvas. A solução agrônômica para reduzir os efeitos negativos da má distribuição da precipitação pluvial, e consequentemente aumentar a produtividade agrícola e a longevidade dos canaviais é a irrigação. No entanto, o alto custo para a implantação, manutenção e manejo de sistemas de irrigação aliados à falta de reservatórios para armazenar água durante a estação seca dificultam a irrigação plena em toda a área cultivada com cana-de-açúcar nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas (TEODORO et al., 2009; SOUZA et al., 2012).

A produtividade da cana-de-açúcar é bastante influenciada pelas variações climáticas ao longo de todo ciclo vegetativo, sendo a cultura exigente em temperatura, radiação e disponibilidade hídrica (CHAVES JÚNIOR, 2011). Segundo Inman-Bamber e Smith (2005), a cana-de-açúcar para alcançar a alta produção de sacarose, a planta precisa de temperatura e umidade adequadas para permitir o máximo crescimento na fase vegetativa, seguida de um

período com restrição hídrica ou térmica para favorecer o acúmulo de sacarose no colmo na época de corte.

A temperatura média ideal para o cultivo de cana-de-açúcar situa-se entre 25 e 35°C. Valores de temperaturas abaixo de 20°C tornam o crescimento das plantas lento e em temperaturas maiores que 38°C o crescimento é praticamente nulo (RODRIGUES, 1995). De acordo com Souza et al. (2004), a zona canavieira de Alagoas está dentro do intervalo recomendado, com temperatura média de 25,4°C.

Apesar da sua grande adaptação às condições climáticas, a cana-de-açúcar apresenta melhor crescimento e desenvolvimento quando ocorre um período quente e úmido, com alta radiação solar durante a fase de crescimento, seguido por um período seco, ensolarado e mais frio durante as fases de maturação e colheita. Sendo uma planta do tipo C4 com alta eficiência fotossintética em condições tropicais, quanto maior for a intensidade luminosa, maior será a fotossíntese realizada pela cultura e maior será o seu desenvolvimento e acúmulo de açúcares (BRUNINI, 2008).

Ferreira Junior et al. (2012), em estudo realizado no Tabuleiro Costeiro de Alagoas, analisaram a produtividade dos colmos de diversas variedades RB de cana-de-açúcar irrigada em função de variáveis meteorológicas, verificando correlações entre a produtividade e a radiação fotossinteticamente ativa e a produtividade com a fotossíntese bruta acumulada durante o ciclo.

Com relação à necessidade hídrica da cultura, a cana-de-açúcar exige de 1.500 a 2.500 mm de água bem distribuídos por ciclo vegetativo para suprir a demanda hídrica (DORENBOS e KASSAN, 1979). Na agricultura, a água é um dos grandes fatores que condicionam a produtividade e o sucesso de uma cultura, isto deve-se ao fato de estar associada, direta ou indiretamente, a quase todos os processos fisiológicos das plantas (KRAMER e BOYER, 1995).

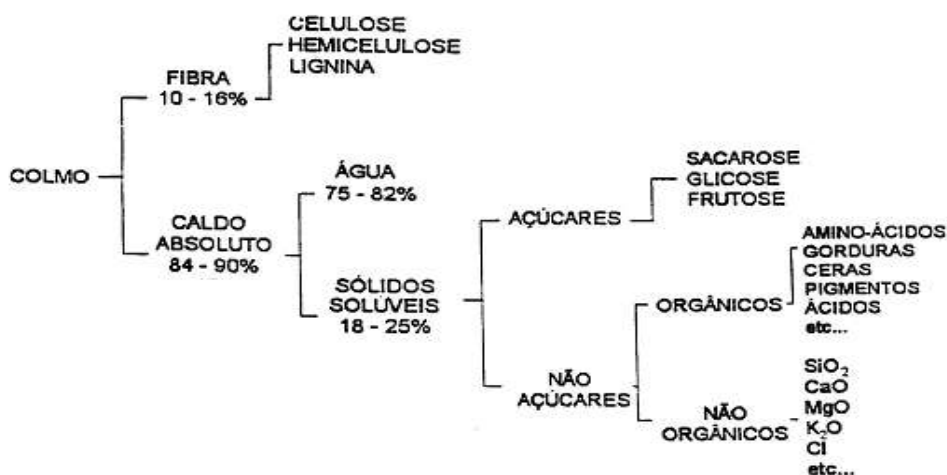
Teodoro et al. (2012) consideram a disponibilidade de água para a cana-de-açúcar como o principal fator climático causador da variabilidade de produtividade, ciclo após ciclo da cultura. E relatam ainda que o consumo hídrico pela cana-de-açúcar também varia em função do estágio fenológico, ciclo da cultura, condições climáticas e da água disponível no solo, entre outros fatores.

Chaves Junior (2011) pesquisando a influencia dos fatores climáticos na produtividade da cana-de-açúcar ressalta que tanto a falta como o excesso de água, podem acarretar problemas no desenvolvimento da cultura.

## 2.2. Composição química do colmo da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar apresenta composição química bastante variável, sobretudo em função das condições climáticas, das propriedades físicas, químicas e microbiológicas do solo, do tipo de cultivo, da variedade, do grau de maturação e da idade, bem como de muitos outros fatores (FERNANDES, 2000). Em média, o colmo é formado basicamente por 74,5% de água, 25% de matéria orgânica e 0,5% de matéria mineral, sendo que estes constituintes não se encontram nas mesmas proporções nas diferentes partes do colmo (RIBEIRO et al., 1999).

Sob o aspecto tecnológico, os colmos são constituídos de fibra (fase sólida) e caldo (fase líquida). A fibra, definida como o conjunto de substâncias insolúveis em água, é formada, principalmente de celulose, hemicelulose e lignina. O seu teor depende da variedade, da idade e de outros fatores, variando na faixa de 10 a 16%. O caldo, por sua vez, definido como solução impura e diluída de sacarose, é constituído de água (80%) e sólidos solúveis (20%). Os sólidos solúveis (°Brix) são agrupados em açúcares e não-açúcares orgânicos e inorgânicos. Os açúcares são representados pela sacarose, glicose e frutose. Os não-açúcares orgânicos são constituídos de substâncias nitrogenadas (proteínas e aminoácidos), gorduras, ceras, pectinas, ácidos e matérias corantes. Os não-açúcares inorgânicos, representados pelas cinzas, têm como componentes principais: sílica, potássio, fósforo, cálcio, sódio, magnésio, enxofre, alumínio, cloro e outros (RIBEIRO et al., 1999; VENTURINI FILHO; NOGUEIRA, 2013). A Figura 1 resume a composição do colmo da cana-de-açúcar.



**Figura 1.** Composição do colmo da cana-de-açúcar (RIBEIRO et al., 1999).

Os açúcares solúveis de maior importância econômica presentes na cana-de-açúcar são a sacarose, glicose e frutose. É a partir da união das extremidades redutoras da glicose e da frutose por meio de uma ligação glicosídica que tem-se a formação da sacarose, um açúcar considerado não-redutor (CRUZ, 2012).

A glicose e a frutose são monossacarídeos capazes de reduzir o cobre presente em soluções cupro-alcálinas. Apresentam fórmulas moleculares idênticas ( $C_6H_{12}O_6$ ), entretanto diferem na conformação estrutural, enquanto a glicose possui um anel contendo 6 átomos de carbono, piranose, a frutose possui anel contendo apenas 5 átomos de carbono, furanose (OETTERER et al., 2006).

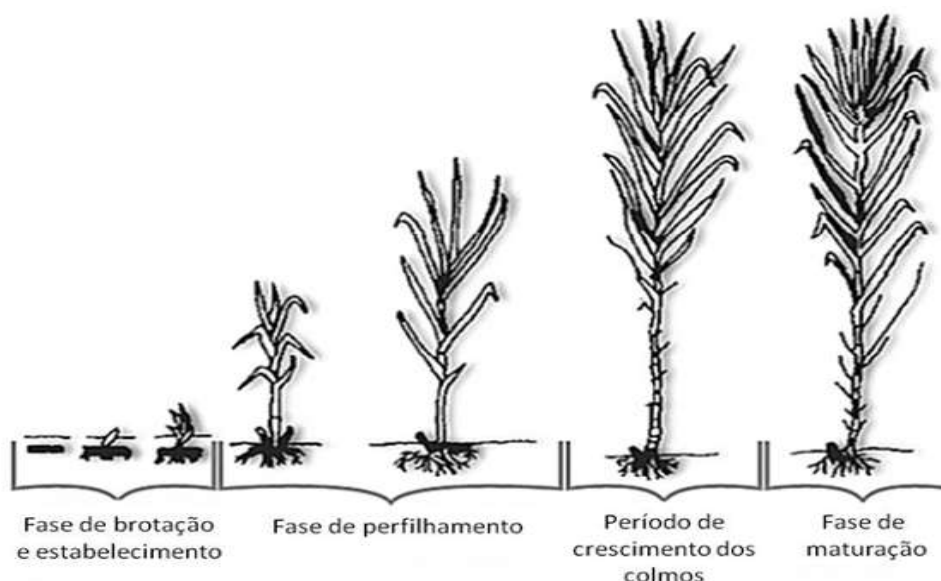
Uma sucessão de entrenós em diferentes fases fisiológicas compõe o colmo da cana-de-açúcar, isto é, entrenós imaturos (ponta), em maturação (meio) e maduros (base). Os entrenós imaturos são fibrosos, com alta concentração de açúcares redutores e baixa concentração de sacarose. À medida que estes entrenós se desenvolvem, sua taxa de crescimento diminui progressivamente, até ser nula, quando o entrenó amadurece (MACHADO, 1987). De acordo com Lingle e Irvine (1994), os entrenós da parte superior do colmo da cana-de-açúcar são os entrenós bioquimicamente mais ativos.

O colmo da cana-de-açúcar possui um potencial geneticamente adequado para acumular açúcares, principalmente a sacarose. Sob condições ideais de cultivo, este potencial é otimizado na decorrência da maturação, que acontece ao final do ciclo vegetativo, com incrementos no teor de sacarose nas plantas cultivadas (SANTOS et al., 2011). Segundo Zielinski (2010), os entrenós amadurecem progressivamente em direção à base do colmo, com um aumento significativo nos níveis de sacarose. Enquanto um entrenó maduro atinge teores de sacarose correspondentes a cerca de 20% do seu peso fresco, os entrenós mais jovens contêm menores teores de sacarose e podem conter glicose e frutose em níveis de aproximadamente 5% do peso fresco.

### 2.3. Maturação da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar apresenta quatro fases fenológicas (Figura 2): Brotação e emergência dos brotos; Perfilhamento e estabelecimento da cultura, período considerados desde a emergência dos brotos até o final do perfilhamento; Período de grande crescimento, considerado do perfilhamento final ao início do acúmulo de sacarose; e Maturação, quando ocorre intenso acúmulo de sacarose nos colmos (GASCHO e SHIH, 1983).





**Figura 2.** Fases fenológicas da cana-de-açúcar (GASCHO; SHIH, 1983).

O processo de maturação pode ser definido sob dois diferentes pontos de vista: botânico e fisiológico. Botanicamente, a cana-de-açúcar está madura após a emissão de flores e formação de sementes que possam dar origem a novas plantas. Fisiologicamente, a maturação é atingida quando os colmos alcançam o ponto máximo de acúmulo de sacarose (SILVA, 1989). Mutton (1993) define ainda o processo de maturação sob o ponto de vista agroindustrial, como sendo aquele estágio de desenvolvimento no qual a cultura apresenta melhor produtividade quali-quantitativa de açúcares ou como aquele cuja produtividade agroindustrial e o resultado econômico encontram-se maximizados.

A maturação da cana envolve um sistema metabólico complexo, que se inicia com a fotossíntese nos cloroplastos das células nas folhas, culminando com o acúmulo de carboidratos fotossintetizados nos colmos, sendo um importante parâmetro discriminatório do potencial produtivo de diferentes genótipos. Durante a fotossíntese, parte da sacarose formada a partir de trioses-fosfatos transportada do cloroplasto para o citosol é distribuída nas folhas, principalmente nos vacúolos. E parte do carbono assimilado na fotossíntese é transformado em amido, nos cloroplastos. Em condições específicas, a sacarose e o amido armazenado são utilizados como sacarose exportável e para o consumo na respiração (RODRIGUES, 1995).

A sacarose é a principal forma pela qual os carboidratos são translocados das folhas para o restante da planta pelo floema, visando fornecer o carbono e a energia necessária ao crescimento e acúmulo de produtos de reserva (TAIZ e ZEIGER, 2004; FELIX et al., 2009). Segundo Fernandes (1982), a maturação da cana-de-açúcar é um processo fisiológico que

envolve a síntese dos açúcares nas folhas, translocação dos produtos formados e estocagem da sacarose no colmo.

No decorrer do ciclo, a cana-de-açúcar atravessa dois períodos distintos com relação ao teor de sacarose: o primeiro é evidenciado por um intenso crescimento vegetativo com gradual formação de sacarose no colmo, enquanto que no segundo, ocorre um predominante acúmulo de sacarose motivado pelo conjunto de fatores que afetam o desenvolvimento vegetativo, como queda na temperatura e escassez de água disponível (MAGALHÃES, 1987; LUCHESI, 1995).

Dentre os fatores determinantes para o processo de amadurecimento, a redução da temperatura, a seca moderada e os teores de nitrogênio no solo são citados por Azevedo (1981) como os mais importantes. O autor explica que a diminuição da temperatura reflete diretamente na absorção de nutrientes, a qual, se reduzida, diminui o desenvolvimento vegetativo e a maior parte dos açúcares produzidos é armazenada. Quando a umidade do solo diminui, há a redução do teor de água nos tecidos da planta, e a desidratação força a conversão dos açúcares redutores em sacarose. Em relação ao nitrogênio, quando há excesso, há atraso de maturação e diminuição da porcentagem de sacarose, aumentando o teor de açúcares redutores.

Estudar o cultivo da cana-de-açúcar em diferentes locais permite adequar o melhor manejo e cultivar para as condições específicas do ambiente. Assim, pode-se explorar ao máximo o local de produção e, conseqüentemente, obter maior lucratividade ou competitividade para as agroindústrias da cana-de-açúcar (OLIVEIRA et al., 2011a).

Do ponto de vista tecnológico, um dos fatores de produção de maior importância a ser considerado em uma usina sucroalcooleira, é a escolha das variedades, pois são responsáveis pelo fornecimento contínuo da matéria-prima para a indústria, caracterizada como sendo colmos de cana-de-açúcar em adequado grau de maturação (MATSUOKA, 2000). Almeida citado por Galdiano (2008) relata que as variedades exercem papel importante no processo de maturação, pois apresentam pontos de maturação diferentes, mesmo quando cultivadas nas mesmas condições de solo e clima.

A maturação é uma característica específica à planta da cana-de-açúcar, podendo ser estimulada por fatores ambientais e de manejo, apresentando comportamento diferenciado entre as variedades (CAPUTO, 2006). Uma forma bastante utilizada para acompanhar a maturação da cana é através dos índices tecnológicos que são avaliados na indústria, determinado assim à qualidade da matéria-prima.

## 2.4. Características tecnológicas

Cana é o termo genericamente aceito para designar os colmos industrializáveis da cana-de-açúcar, os quais são cortados na base, rente ao solo, despontados no último entrenó maduro e livre de impurezas, folhas e bainhas. A qualidade da matéria-prima é determinada pelas características intrínsecas da planta, alterada pelo manejo agrícola e industrial, as quais definem seu potencial para produção de açúcar e álcool (FERNANDES, 2000).

Algumas variedades de cana-de-açúcar apresentam melhores produtividades, acarretando menores custos de produção. Todavia, a qualidade do produto final é de suma importância. Compostos presentes no caldo podem interferir na qualidade do açúcar e do álcool, tais como: Brix, Pol (porcentagem aparente de sacarose), Pureza, Açúcares Redutores, Açúcares Redutores Totais, Açúcares Totais Recuperáveis, Fibra, Umidade, pH e Acidez (GODINHO, 2007).

Através da medição do °Brix pode-se inferir o teor de sacarose no caldo da cana-de-açúcar, pois avalia o teor de sólidos solúveis da amostra por meio do refratômetro. Dentre os constituintes dos sólidos solúveis do caldo da cana-de-açúcar, 70 a 91% correspondem à sacarose (ROCHA, 2006). Este parâmetro tem sido utilizado para caracterizar as novas variedades quanto ao seu potencial para produção de sacarose, entretanto, os resultados se limitam a isso. Percebe-se, portanto, que não existe o conhecimento básico de como determinadas variedades apresentam capacidade diferenciada de acumular mais rapidamente e em maior quantidade sacarose em seus entrenós (ZIELINSKI, 2010).

A Pol do caldo (%) refere-se à sacarose contida no caldo da cana-de-açúcar, sendo determinada por métodos sacarimétricos. Quanto mais elevados os teores, mais madura está a cana. A cana imatura possui elevados teores de açúcares redutores e compostos precursores de cor, e estes interferem na Pol para menos, ocasionando uma coloração elevada na cor do caldo (RIPOLI e RIPOLI, 2004). Segundo os autores, os valores da Pol superiores a 14% são considerados adequados em termos de qualidade à industrialização.

Dinardo et al. (2011) avaliando a Pol de diversas cultivares de cana-de-açúcar ao longo da safra 2009/2010, verificaram uma variação no teor de sacarose aparente em todas as cultivares, caracterizado por um aumento com o avanço dos estádios fenológicos. De acordo com Fortes (2003), o teor de açúcares redutores presentes no caldo apresenta comportamento inverso ao teor de sacarose (Pol), que tende a aumentar ao longo da safra.

A pureza é o indicador mais importante do estágio de maturação da cana-de-açúcar, indicando a porcentagem de sacarose contida nos sólidos solúveis. Quanto mais madura

estiver a cana, maior será a pureza, pois terá maior acúmulo de sacarose, visto que com a deterioração e envelhecimento da cana a pureza tende a diminuir, ocasionando alteração na cor do açúcar (CLARKE e LEGENDRE, 1999). A cana considerada de boa qualidade, a pureza deve ficar acima de 85%. Entretanto, este não deve ser o único indicador utilizado para avaliar a qualidade da matéria-prima que chega à indústria (MINGUETTI, 2012).

Segundo Fernandes (2000), os açúcares redutores totais (ART) representam todos os açúcares da cana-de-açúcar na forma de açúcares redutores, no qual toda a sacarose foi desdobrada em glicose e frutose. Já os açúcares totais recuperáveis (ATR) indicam a quantidade de ART recuperados na usina, obtido pela diferença entre o ART da cana e as perdas na lavagem da cana, perdas no bagaço final das moendas, perdas na torta dos filtros e perdas indeterminadas, considerando-se uma eficiência média padrão.

De acordo com o CONSECANA-AL/SE (2006), ATR expressa a quantidade de açúcares totais contidos na cana, constituídos principalmente por sacarose e açúcares redutores, reduzidos em 11%, que é a perda média admitida no processo industrial. Costa et al. (2011) ressaltam que o ATR é o mais importante parâmetro, tanto para indústria quanto para os produtores, uma vez que é através dele que as unidades industriais elaboram o preço pago aos produtores.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Localização e descrição da área experimental

A pesquisa foi conduzida em área experimental pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, Campus Delza Gitaí, localizado no município de Rio Largo (09° 28' 02" S, 35° 49' 43" W e 127 m de altitude), Estado de Alagoas, Brasil. O solo da área foi classificado como Latossolo Amarelo Coeso Argissólico de textura médio-argilosa, com declividade inferior a 3%. O clima da região, de acordo com a caracterização de Thornthwaite & Mather, é do tipo úmido (B<sub>1</sub>), megatérmico quente (A'), com deficiência de água moderada no verão (s) e grande excesso de água no inverno (w<sub>2</sub>). A precipitação pluvial média anual é 1.800 mm (CARVALHO, 2003).

Antecedendo à instalação do experimento, realizou-se a análise química do solo nas camadas de 0 a 20 e de 20 a 40 cm de profundidade no perfil. Com base nestes resultados, aplicou-se 500 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico para elevar a saturação por bases do solo a 60% (OLIVEIRA et al., 2007), procedendo-se a gradagem, o sulcamento e a adubação de fundação utilizando-se 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, 195 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 230 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

#### 3.2. Instalação da cultura

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 4 (genótipos) x 2 (porções do colmo) x 5 (épocas de coletas), com três repetições. Os genótipos de cana-de-açúcar foram representados pelas variedades RB92579, RB98710, RB99395 e pelo clone RB961003 provenientes do Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar (PMGCA) da Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro (RIDESA), sendo estes selecionados pela elevada produtividade agrícola, teor de açúcar e tempo de maturação. Foram avaliadas duas porções dos colmos: (1) entrenós de 1 a 4 e (2) entrenós de 5 a 8, considerando-se o entrenó 1 aquele situado imediatamente abaixo da folha +1, sendo essa a primeira folha, do ápice para a base, que apresenta a aurícula visível, segundo RODRIGUES (1995). As avaliações foram realizadas em 5 épocas: aos 82, 49, 25, 13 e 3 dias antes da colheita (DAC).

A RB92579 é a variedade mais cultivada no Estado de Alagoas, apresenta excelente produtividade agrícola, alto teor de sacarose e maturação média tardia. As variedades RB98710 e RB99395 apresentam alta produtividade agrícola, alto teor de sacarose e maturação precoce (RIDESA, 2010). Já o clone RB961003 é bastante promissor, pois possui

níveis de produtividade de 263 toneladas de colmos por hectare, em quinze meses com irrigação plena, na condição do sertão da Bahia, cultivada na usina Agrovale, além de que o teor de açúcar atende ao que exige o mercado (BARBOSA, 2012).

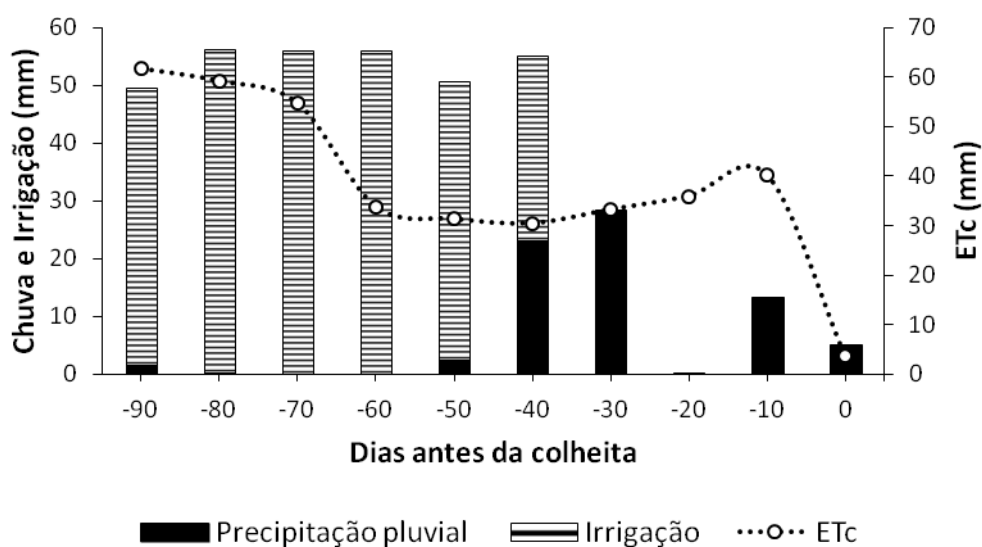
A parcela experimental foi constituída de duas linhas duplas de 10 m de comprimento. Os sulcos de plantio foram abertos no espaçamento de 1,4 m entre fileiras duplas e 0,4 m dentro da fileira dupla. O plantio foi realizado no dia 22 de dezembro de 2011, com uma densidade em torno de 15 gemas por metro linear de sulco e profundidade de 0,25 m. Os colmos com aproximadamente 12 meses de idade foram colocados no fundo do sulco de modo que ficasse “pé com ponta”, sendo picados, com auxílio de um facão, deixando-se pelo menos 3 gemas por tolete. Em seguida, os colmos foram cobertos com uma camada de terra de  $\pm 0,07$  m.

### 3.3. Manejo da cultura

Nos primeiros 15 dias após o plantio, a cultura foi irrigada por aspersão convencional de baixa pressão, aplicando-se uma lâmina de água de 70 mm, parcelada com o turno de rega de dois dias, visando garantir uma germinação uniforme. A partir daí a cultura foi irrigada por gotejamento superficial, com fitas gotejadoras de 22 mm e emissores autocompensantes a cada 0,5 m com vazão média de 1 L .h<sup>-1</sup> a uma pressão de 1,4 kg cm<sup>-2</sup>. Na estação chuvosa (17/05 a 10/09/2012) a irrigação foi suspensa e retomada no período seco (a partir de 20/09/2012).

A quantidade de água aplicada foi determinada em função da evapotranspiração da cultura (ETc) que foi calculada multiplicando-se a evapotranspiração de referência (ETo) pelo coeficiente da cultura (Kc) na fase inicial, intermediária e final da cana-de-açúcar. O valor do Kc inicial foi o tabelado (0,45) da Food Agriculture Organization (FAO), cujo valor foi corrigido pelo método gráfico proposto por Allen et al. (1998), em função do intervalo de tempo entre os eventos de chuva e a magnitude da ETo. Os valores do Kc das fases intermediária e final também foram ajustados a partir da equação descrita por Allen et al. (1998). As variáveis meteorológicas como precipitação pluvial, temperatura do ar, umidade relativa do ar e as demais variáveis utilizadas nesse cálculo, foram registradas diariamente na estação agrometeorológica automática de aquisição de dados Micrologger, CR10X (Campbell Scientific, Logan, Utah), instalada a 400 m do experimento. A ETo foi estimada pelo método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998). Com base nos dados de temperatura e umidade relativa do ar também foi calculado o Déficit de Pressão de Vapor (DPV) do ar segundo Smith et al. (1991).

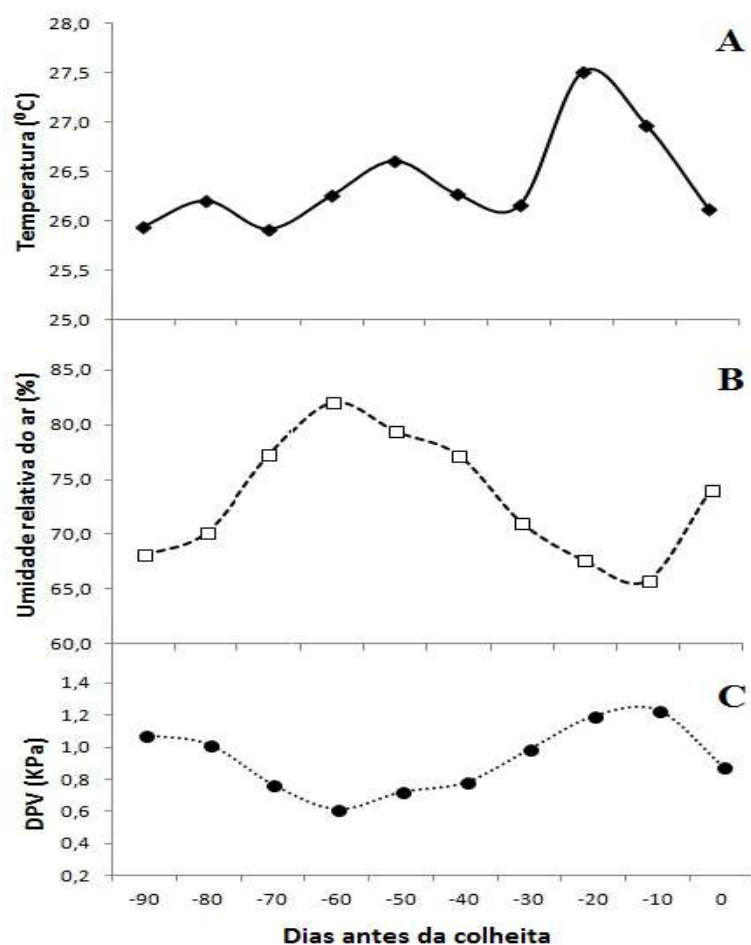
A quantidade de água distribuída para as plantas, referentes à soma da precipitação pluvial e irrigação durante os 90 dias antes da colheita (DAC) foi de 371 mm. A ETc média diária foi de 4,2 mm, valor próximo ao estimado por Ferreira Junior et al. (2012), na mesma região de estudo que foi de 4,3 mm dia<sup>-1</sup>. A maior demanda hídrica da cultura foi observada entre 90 a 70 DAC, em torno de 5,9 mm dia<sup>-1</sup>, a partir desse período a ETc manteve-se constante, média de 3,4 mm dia<sup>-1</sup> (Figura 3).



**Figura 3.** Precipitação pluvial (chuva), irrigação e evapotranspiração da cultura da cana-de-açúcar (ETc) na região de Rio Largo-AL, no período de 06/11/12 a 04/02/13.

Durante o período experimental, a temperatura média do ar variou de 25,9 a 27,5 °C, com média geral de 26,4 °C (Figura 4A). Esses resultados encontram-se dentro da faixa favorável para o desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar cuja temperatura do ar deve ficar entre 25 e 33° C, de acordo com Almeida et al. (2008).

A umidade relativa do ar (%) apresentou média geral de 73,3%, entretanto, aos 60 DAC a umidade foi mais acentuada (82%). No período entre 30 a 10 DAC, houve um decréscimo da umidade (Figura 4B) em função do aumento da temperatura na região, o que contribuiu diretamente para o acréscimo do déficit de pressão de vapor nesse mesmo período, variando de 1,0 a 1,2 kPa (Figura 4C).



**Figura 4.** Temperatura (A), umidade relativa do ar (B) e déficit de pressão de vapor (C) da região de Rio Largo-AL, no período de 06/11/12 a 04/02/13.

Ao longo do desenvolvimento da cultura foi realizado o controle de plantas nativas através do tratamento químico e de capinas manuais sempre que necessárias. Aos 60 dias após o plantio realizou-se a adubação de cobertura com 20 kg ha<sup>-1</sup> de N, utilizando o sulfato de amônio como fonte de nitrogênio. Na fase final do ciclo de cultivo, aos 25 DAC, a irrigação foi suspensa para otimizar a maturação e possibilitar incrementos no teor de sacarose dos colmos.

### 3.4. Determinação dos teores de açúcares e sólidos solúveis totais

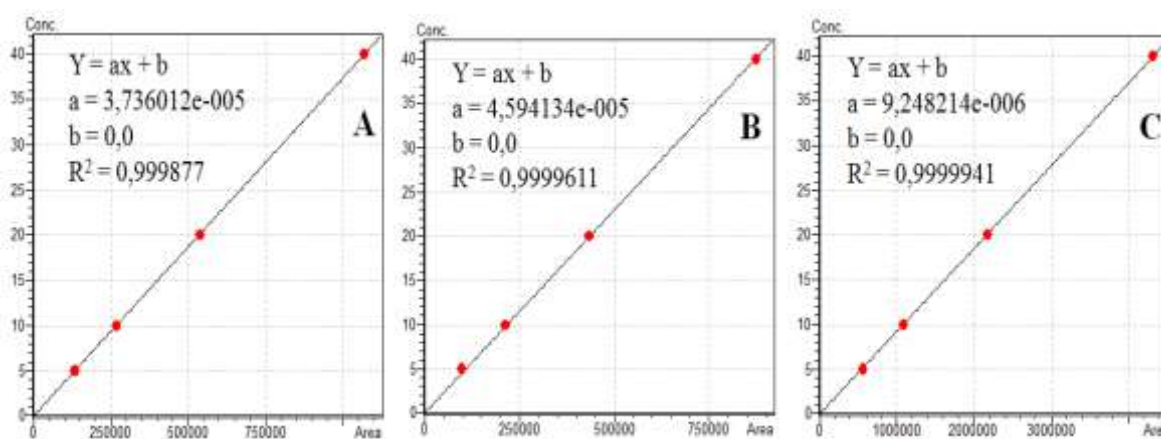
Aos 82, 49, 25, 13 e 3 DAC (de 14/11/12 a 01/02/13) foram retirados aleatoriamente em cada bloco, três colmos de cada genótipo de cana-de-açúcar, formando amostras que foram levadas imediatamente para o Laboratório de Fisiologia Vegetal. Os colmos foram cortados em duas porções, entrenós de 1 a 4 e entrenós de 5 a 8. Essas porções foram escolhidas por serem as regiões de maior



crescimento e apresentarem entrenós ainda imaturos e possivelmente, maiores diferenças nas concentrações de açúcares solúveis.

Em seguida, os colmos foram passados na moenda elétrica de cana (marca Vencedora Maqtron) e filtrados para a obtenção do caldo. Após a extração do caldo foram colocadas algumas gotas sobre o prisma do Refratômetro Digital Portátil (Atago modelo PAL-1 3810), para obtenção dos teores dos sólidos solúveis totais, expressos em °Brix. Também foram retiradas amostras de 2 mL do caldo, utilizando uma pipeta automática, mantendo-as em microtubos organizados dentro de uma caixa de isopor com gelo para desacelerar as mudanças químicas do caldo. Logo após, as amostras de caldo foram centrifugadas a 14000 x g por 10 minutos, à temperatura de 4 °C, os sobrenadantes foram transferidos para microtubos de 1,5 mL, acondicionando-os em congelador à temperatura de -20 °C para posterior análise química e os precipitados foram descartados.

Os teores de frutose, glicose e sacarose, foram determinados por Cromatografia Líquida de Alta Performance (HPLC) (HUNT et al., 1977), utilizando um cromatógrafo marca Shimadzu, modelo L-20, equipado com forno (CTO- 20A), injetor automático de amostras (SIL-10Ai), detector de índice de refração (RID10A), uma coluna de 25 cm x 4,6 mm (CLC- NH<sub>2</sub> (M) e pré-coluna (G NH<sub>2</sub>, 8 mm). Soluções de frutose, glicose e sacarose foram usadas como padrão de calibração (Figura 5) e a acetonitrila e a água ultra pura (Milli-Q) na proporção de 75:25 v/v foram usadas como eluente.



**Figura 5.** Curva padrão de frutose (A), glicose (B) e sacarose (C), em função das concentrações (mg ml<sup>-1</sup>) utilizadas e suas respectivas áreas.

A temperatura do forno utilizada foi de 40 °C. As amostras do caldo de cana-de-açúcar dos quatro genótipos foram descongeladas em banho de água com gelo e filtradas com filtros

descartáveis Millipore (Hidrophilic PVDF), membrana de 0,45  $\mu\text{m}$  de poro e 33 mm de diâmetro, usando a seringa de 5 mL. Em seguida, as amostras foram diluídas de 1:5 em água Milli-Q. Imediatamente, frações de 1 mL foram transferidas para vial de vidro de 1,5 mL, com tampa rosqueável e septo em PTFE/ Silicone, iniciando-se as leituras no HPLC. O volume de injeção foi de 20  $\mu\text{L}$ .

### 3.5. Colheita, avaliação dos índices tecnológicos e produtividade

A colheita da cana-de-açúcar foi feita de forma manual e sem queima no dia 04 de fevereiro de 2013. Foram colhidos os colmos produzidos de uma linha dupla de 5 m de comprimento da área amostral, os quais foram pesados e enviados para o laboratório da Usina Santa Clotilde, localizada no município de Rio Largo-AL para a caracterização dos índices tecnológicos, realizada através da análise do caldo extraído pelo método da prensa hidráulica, descrita por Fernandes (2000). Determinaram-se: o teor de Sólidos Solúveis Totais ( $^{\circ}\text{Brix}$ ); Pol da Cana (%); Pureza do caldo (%); Fibra Industrial (%); Açúcares Redutores da Cana (%); Açúcares Redutores Totais da Cana (%), Açúcares Totais Recuperáveis da Cana ( $\text{kg t}^{-1}$ ) e a Produtividade Agrícola ( $\text{t ha}^{-1}$ ) segundo a CONSECANA-AL/SE (2006).

### 3.6. Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, com posterior comparação de médias utilizando o teste de Tukey a 5% de probabilidade, sendo os dados de açúcares e sólidos solúveis totais analisados em parcelas subdivididas no tempo.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Açúcares e sólidos solúveis totais

Os entrenós de 1 a 4 apresentaram teores de frutose (Figura 6) e glicose (Figura 7) significativamente superiores aos entrenós 5 a 8 em quase todas as épocas de avaliação. Segundo Duarte (2013), quando esses açúcares se encontram em teores elevados no caldo, mostram um estágio de cana imatura, ou um estágio avançado de deterioração, o que não foi o caso do presente trabalho.

A maturação do colmo da cana-de-açúcar acontece da base para o ápice e, quando imaturo, este apresenta níveis de açúcares bastante distintos ao longo dos seus entrenós, os quais vão se igualando no decorrer do processo de maturação (MESCHÉDE, 2009).

Verificou-se que os genótipos RB92579 e RB961003, aos 49 e 13 dias antes da colheita (DAC), respectivamente, apresentaram um aumento nos teores de frutose e glicose nos entrenós de 5 a 8. Isto ocorreu, provavelmente, por influências das condições climáticas e de manejo, visto que os 49 DAC foi antecedido por um período excessivo de água no solo, principalmente por irrigação, aliada à baixa evapotranspiração da cultura (Figura 3). Enquanto que os 13 DAC foi evidenciado por um acréscimo na temperatura, média de 27,5 °C (Figura 4).

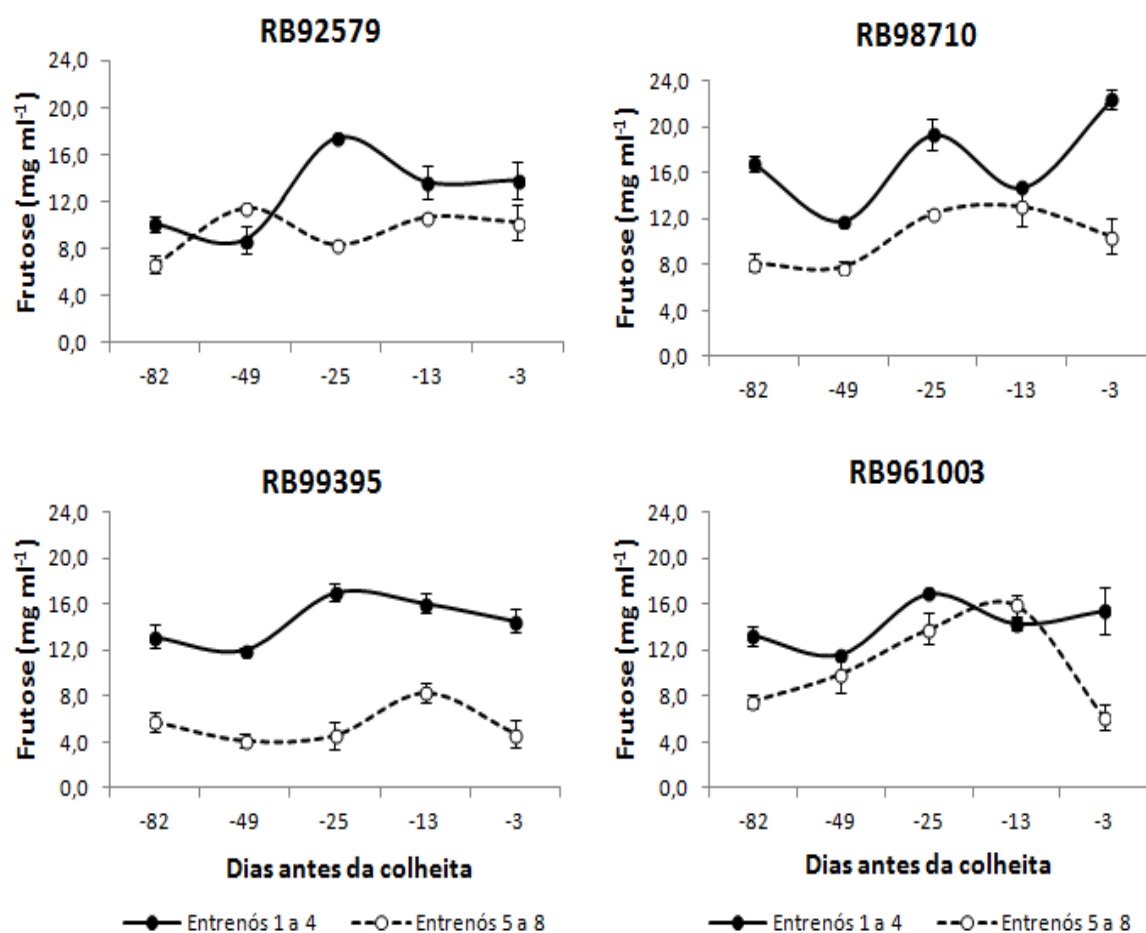
Estudos demonstram que o acúmulo de sacarose nos colmos e, conseqüentemente, a redução dos açúcares redutores, são favorecidos por temperaturas relativamente baixas e um período de restrição hídrica na fase de maturidade (RODRIGUES, 1995; YAMORI et al., 2005). Bernardo (2006) classifica o processo de maturação como responsivo positivamente ao déficit hídrico, visto que, o teor de sacarose costuma ser afetado adversamente pelo excesso de água na fase de maturação.

A RB99395 foi o único genótipo que manteve os teores de frutose praticamente constantes nas duas porções de entrenós, durante todo o período de maturação, no entanto, houve um acréscimo, em média, de 23% nos teores de frutose nos entrenós de 1 a 4, a partir dos 49 DAC. Já os entrenós de 5 a 8 apresentaram um acréscimo nos teores aos 13 DAC, média de 44%.

De acordo com Silva e Segato (2011), a maturação é uma característica inerente à planta, sendo que esta é favorecida por fatores ambientais e de manejo. Abreu et al. (2013) avaliando as interações entre variáveis meteorológicas e os componentes de produção de seis variedades de cana-de-açúcar nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas, constataram que a

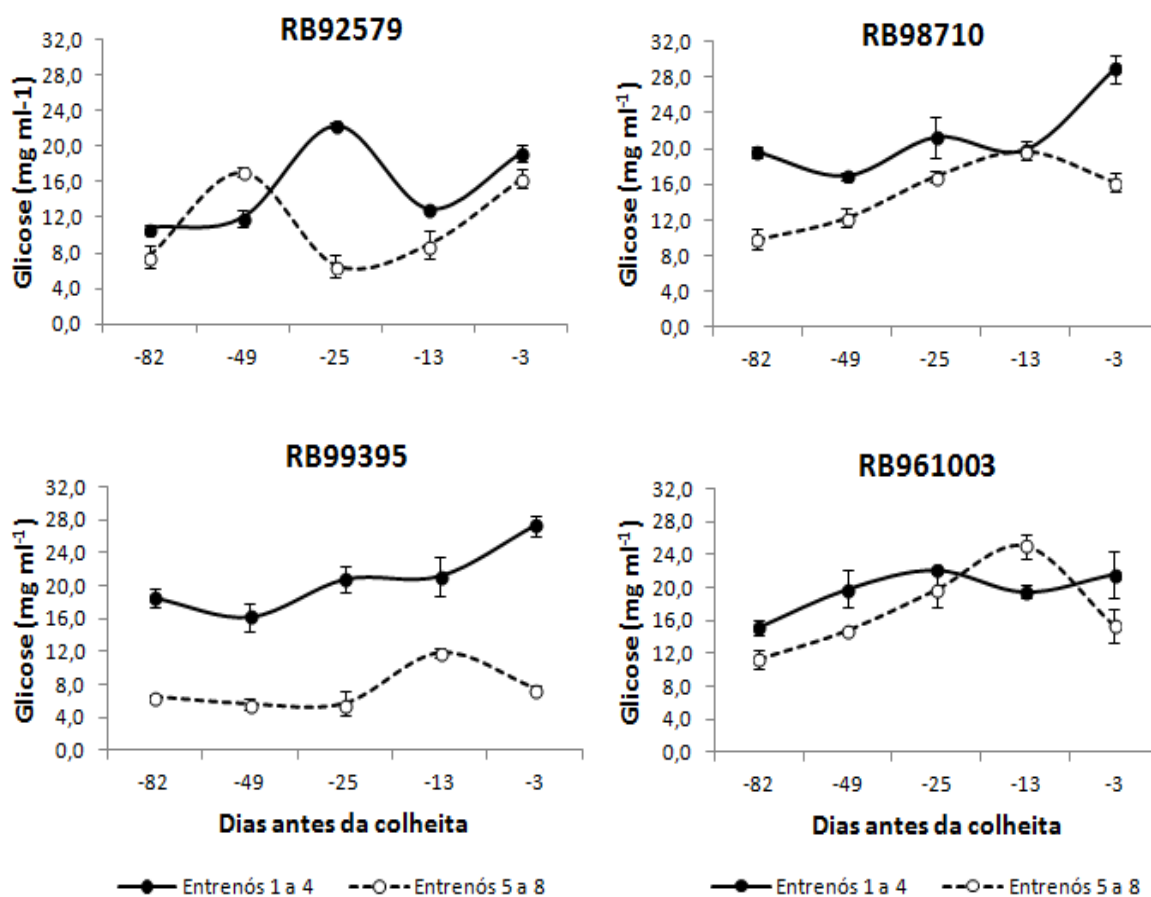
irregularidade das precipitações na região promove respostas diferenciadas das variedades, tanto no desenvolvimento quanto na produtividade nos diferentes ciclos de cultivo.

Analizando as relações hídricas e as respostas ao déficit hídrico na produção de cana-de-açúcar, Inman-Bamber e Smith (2005) concluíram que a variação temporal das condições de umidade do solo causada pela irregularidade das chuvas é o fator que exerce maior peso na oscilação dos rendimentos dessa cultura.



**Figura 6.** Teores de frutose do caldo de quatro genótipos de cana-de-açúcar nos entrenós de 1 a 4 e de 5 a 8, em função dos dias antes da colheita na região de Rio Largo-AL. As barras indicam o desvio padrão da média de três observações.

Avaliando-se os teores de glicose do genótipo RB99395, observou-se que este apresentou comportamento semelhante aos teores de frutose durante as épocas de avaliação. Entretanto, ocorreram incrementos de 22% nos teores de glicose nos entrenós de 1 a 4 aos 3 DAC.



**Figura 7.** Teores de glicose do caldo de quatro genótipos de cana-de-açúcar nos entrenós de 1 a 4 e de 5 a 8, em função dos dias antes da colheita na região de Rio Largo-AL. As barras indicam o desvio padrão da média de três observações.

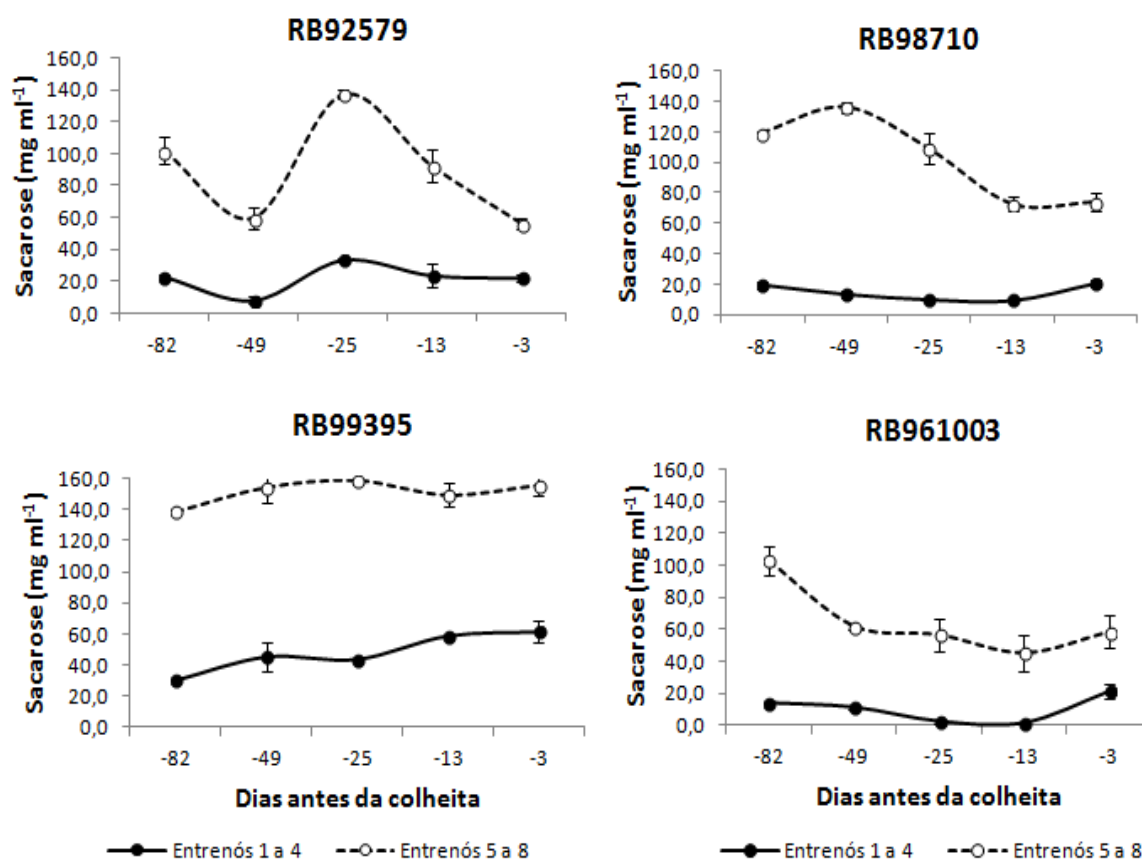
Nota-se que, exceto para a cultivar RB92579, houveram reduções nos teores de frutose e glicose nos entrenós de 5 a 8 aos 3 DAC, o que seria justificado pela suspensão do fornecimento de água e a redução da atividade metabólica no meristema apical em crescimento.

Santos (2008a) quantificando os açúcares redutores de diferentes materiais genéticos de cana-de-açúcar no ciclo de primeira soca, em quatro épocas do desenvolvimento da cultura, 254, 314, 344 e 374 dias após o corte da cana planta, observou que com o passar do tempo os açúcares redutores tendem a diminuir, sendo essa uma tendência natural apresentada pela cultura durante o período de maturação. Segundo Fernandes (2000), os açúcares redutores são os responsáveis pela cor do açúcar no processo industrial, estes intensificam a cor depreciando a qualidade do produto.

A qualidade da cana-de-açúcar é determinada pelo teor de sacarose, que depende do grau de maturação, do estado sanitário e das condições de conservação dos colmos. Durante o processo de maturação, a sacarose aumenta até alcançar limites extremos de 12 a 18% (ou seja, de 120 a 180 mg mL<sup>-1</sup>), à medida que os outros açúcares, glicose e frutose, diminuem até limites de 0,2% (20 mg mL<sup>-1</sup>) (MARAFON, 2012).

Neste trabalho, os teores de sacarose do caldo da cana (Figura 8) foram superiores nos entrenós de 5 a 8 em todos os genótipos analisados, como era previsto, já que a sacarose encontra-se em concentrações graduais crescentes da base para o ápice do colmo.

O genótipo RB99395 manteve constante os teores de sacarose durante todo o período de avaliação, apresentando, em média, 151,29 mg mL<sup>-1</sup> (15,12%) de sacarose no caldo da cana nos entrenós de 5 a 8, destacando-se dos demais genótipos. Por outro lado, o clone RB961003 foi o genótipo que apresentou os menores valores de sacarose, obtendo-se, em média, apenas 64,85 mg mL<sup>-1</sup> (6,48%) de sacarose na mesma porção de entrenós.

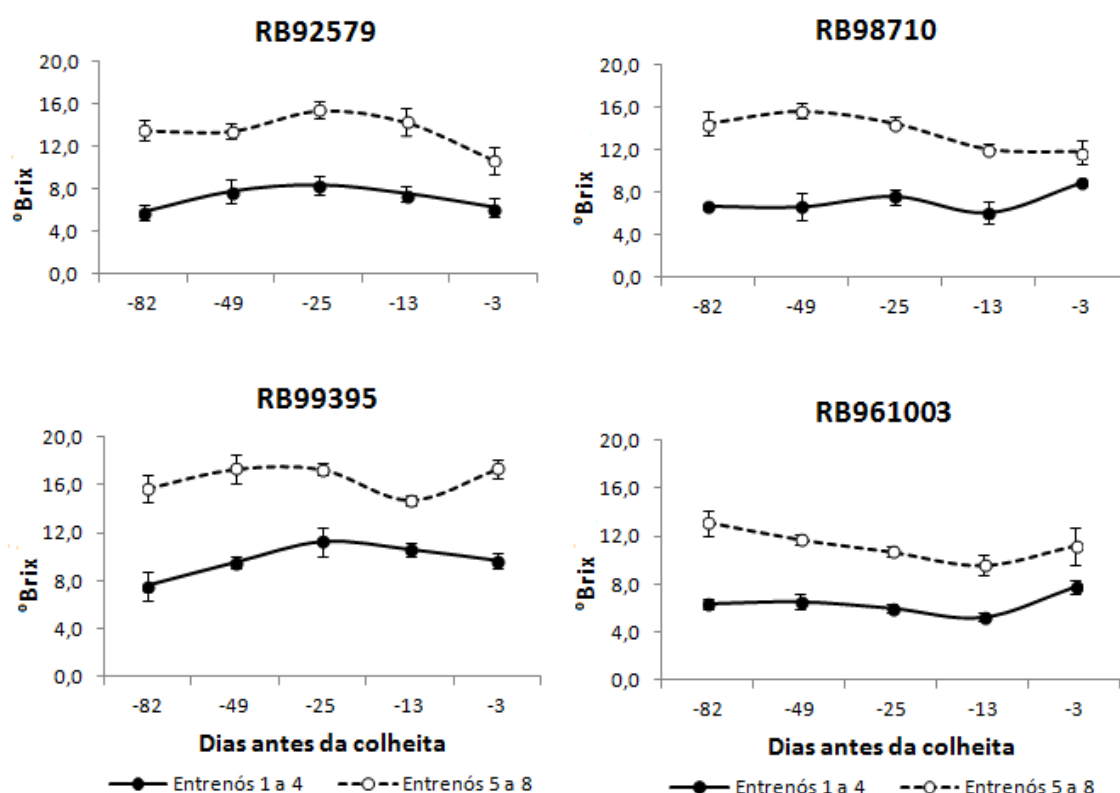


**Figura 8.** Teores de sacarose do caldo de quatro genótipos de cana-de-açúcar nos entrenós de 1 a 4 e de 5 a 8, em função dos dias antes da colheita na região de Rio Largo-AL. As barras indicam o desvio padrão da média de três observações.

Vale ressaltar que aos 25 DAC, a irrigação foi suspensa para otimizar a maturação, porém, posteriormente ocorreu precipitação pluvial de 27,6 mm. Essa chuva elevou a umidade do solo, visto que o consumo de água pela cultura entre 80 a 40 DAC foi sempre menor que o volume de água distribuído às plantas (Figura 3), podendo ter influenciado negativamente na concentração de sacarose.

Segundo Magro et al. (2011) o acúmulo de açúcares se dá inicialmente da base ao ápice do colmo, de modo que, alguns poucos meses depois da formação do internódio da base, ele pode conter níveis de sacarose semelhantes às encontradas em internódios medianos em ponto de colheita.

Em síntese, os entrenós de 5 a 8 apresentaram elevados teores de sólidos solúveis (°Brix) em todos os genótipos (Figura 9). O teor de °Brix expressa a porcentagem de sólidos solúveis do caldo de cana-de-açúcar, constituído principalmente de sacarose e em muito menor proporção, glicose e frutose, sais minerais e substâncias nitrogenadas (MINGUETTI, 2012).



**Figura 9.** Teores de sólidos solúveis totais (°Brix) do caldo de quatro genótipos de cana-de-açúcar nos entrenós de 1 a 4 e de 5 a 8, em função dos dias antes da colheita na região de Rio Largo-AL. As barras indicam o desvio padrão da média de três observações.

Qudsieh et al. (2001) estudando as mudanças químicas do caldo da cana-de-açúcar, em diferentes porções do colmo durante o desenvolvimento e maturação, verificaram que tanto o caldo extraído da parte mediana do colmo como da parte basal, apresentaram os maiores teores de sacarose e sólidos solúveis totais, enquanto que os teores de frutose e glicose eram reduzidos, em relação à porção apical.

Zielinski (2010) analisando os teores de açúcares totais e redutores, bem como dos teores de sólidos solúveis totais de entrenós imaturos e maduros em oito variedades de cana-de-açúcar, constatou que houve comportamentos diferentes em resposta as condições edafoclimáticas da região estudada.

Durante o processo de maturação, constatou-se que os teores de frutose e glicose no caldo da cana-de-açúcar apresentaram diferenças altamente significativas entre os genótipos e entre as porções dos entrenós (1 a 4 e 5 a 8) do colmo (Tabela 1).

No geral, os entrenós de 1 a 4 apresentaram as maiores concentrações de açúcares redutores, no entanto, a RB92579 foi o genótipo que teve os mais baixos teores de frutose e glicose nessa porção do colmo. Por outro lado, a RB961003 apresentou teores elevados desses açúcares nos entrenós de 5 a 8, quando comparado com os demais genótipos, obtendo uma média de 11,23 mg ml<sup>-1</sup> (1,12%) de frutose e 18,05 mg ml<sup>-1</sup> (1,80%) de glicose no caldo.

**Tabela 1.** Teores médios de frutose e glicose do caldo de quatro genótipos de cana-de-açúcar nos entrenós de 1 a 4 e de 5 a 8, durante 90 dias antes da colheita na região de Rio Largo-AL.

| Genótipos      | Frutose (mg ml <sup>-1</sup> ) |                | Glicose (mg ml <sup>-1</sup> ) |                |
|----------------|--------------------------------|----------------|--------------------------------|----------------|
|                | Entrenós 1 a 4                 | Entrenós 5 a 8 | Entrenós 1 a 4                 | Entrenós 5 a 8 |
| RB92579        | 12,76 Ac                       | 9,48 Bb        | 15,47 Ac                       | 11,33 Bc       |
| RB98710        | 17,01 Aa                       | 10,44 Bab      | 21,34 Aa                       | 14,98 Bb       |
| RB99395        | 14,59 Ab                       | 5,50 Bc        | 20,78 Aa                       | 7,43 Bd        |
| RB961003       | 14,28 Ab                       | 11,23 Ba       | 18,94 Ab                       | 18,05 Ba       |
| <b>CV1 (%)</b> | 7,96                           |                | 6,85                           |                |
| <b>CV2 (%)</b> | 8,23                           |                | 8,20                           |                |

\* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CV1 = coeficiente de variação da parcela; CV2 = coeficiente de variação da subparcela.



Conforme a Tabela 2, os teores de sacarose foram superiores nos entrenós de 5 a 8 em todos os genótipos analisados, porém, houve diferenças altamente significativas entre os genótipos. A RB99395 apresentou as maiores concentrações de sacarose no caldo, nas duas porções do colmo analisadas, destacando-se quando avaliado os entrenós de 5 a 8 que teve em média 151,29 mg ml<sup>-1</sup> de sacarose. O genótipo RB961003 demonstrou os mais baixos teores desse açúcar, média de 64,85 mg ml<sup>-1</sup>, uma vez que apresentou altos teores de açúcares redutores na mesma porção, como foi verificado na Tabela 1.

Quanto aos teores de °Brix, verificou-se diferenças significativas entre os genótipos e entre as diferentes porções dos entrenós do colmo (Tabela 2). Como esperado, os níveis de sólidos solúveis totais em entrenós maduros foi superior aos encontrados nos entrenós imaturos. Constatou-se que a RB99395 foi o genótipo que mais acumulou açúcares solúveis totais nas porções do colmo, durante o período de maturação.

**Tabela 2.** Teores médios de sacarose e sólidos solúveis totais (°Brix) do caldo de quatro genótipos de cana-de-açúcar nos entrenós de 1 a 4 e de 5 a 8, durante 90 dias antes da colheita na região de Rio Largo-AL.

| Genótipos      | Sacarose (mg ml <sup>-1</sup> ) |                | °Brix          |                |
|----------------|---------------------------------|----------------|----------------|----------------|
|                | Entrenós 1 a 4                  | Entrenós 5 a 8 | Entrenós 1 a 4 | Entrenós 5 a 8 |
| RB92579        | 22,01 Bb                        | 89,36 Ac       | 7,2 Bb         | 13,5 Ab        |
| RB98710        | 14,46 Bbc                       | 102,18 Ab      | 7,2 Bb         | 13,7 Ab        |
| RB99395        | 45,90 Ba                        | 151,29 Aa      | 9,7 Ba         | 16,5 Aa        |
| RB961003       | 10,24 Bc                        | 64,85 Ad       | 6,4 Bb         | 11,3 Ac        |
| <b>CV1 (%)</b> | 9,92                            |                | 5,40           |                |
| <b>CV2 (%)</b> | 9,96                            |                | 8,49           |                |

\* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CV1 = coeficiente de variação da parcela; CV2 = coeficiente de variação da subparcela.

#### 4.2. Índices tecnológicos e de produtividade da cana-de-açúcar

A qualidade da cana não pode ser analisada somente pelo seu teor de sacarose, ainda que seja o indicador mais importante, mas por uma série de outras variáveis responsáveis pelo êxito na indústria (RIBEIRO et al., 1999). Através de estudos, a maturidade da cana-de-açúcar pode ser avaliada por índices tecnológicos como Brix, Pol, Pureza e Açúcares Redutores (SILVA e SEGATO, 2011).

Na Tabela 3 são apresentados os dados referentes às médias dos genótipos, envolvendo os teores de Brix, Pol da cana e Fibra. Pode-se notar que não houve diferença significativa para os índices estudados.

Os teores de Brix variaram em média de 20,41 a 21,35°. Esses teores foram superiores do que os obtidos aos 82, 49, 25, 13 e 3 DAC, pois foi verificada toda a cana, incluindo-se os entrenós da base, meio e ponta. De acordo com Rodrigues e Santos (2011), quando se trata de cana madura existe estreita relação entre essa porcentagem aparente de sólidos solúveis e o conteúdo de sacarose na solução, sendo a cana considerada madura com Brix mínimo de 18° entre outros fatores.

**Tabela 3.** Valores médios dos índices tecnológicos (°Brix, Pol da cana e Fibra) de quatro genótipos de cana-de-açúcar irrigada, na região de Rio Largo-AL, 2013.

| Genótipos     | Índices Tecnológicos da cana-de-açúcar |                    |              |
|---------------|----------------------------------------|--------------------|--------------|
|               | °Brix                                  | Pol da cana<br>(%) | Fibra<br>(%) |
| RB92579       | 20,79                                  | 14,90              | 12,81        |
| RB98710       | 21,35                                  | 14,67              | 13,51        |
| RB99395       | 20,48                                  | 15,12              | 13,12        |
| RB961003      | 20,41                                  | 15,00              | 12,97        |
| Significância | ns                                     | ns                 | ns           |
| CV (%)        | 3,92                                   | 5,22               | 5,54         |

<sup>ns</sup> Não significativo pelo teste F.  
CV = Coeficiente de Variação.

A média de Pol da cana variou de 14,67 a 15,12%, esses valores correspondem respectivamente aos genótipos RB98710 e RB99395. Esses resultados corroboram com os relatos obtidos na literatura e reforçam que a cana estava madura por ocasião da colheita.

Silva (2012) avaliando a qualidade do caldo e produção de açúcares de quatro variedades de cana-de-açúcar, dentre elas a RB92579, na região de Boca da Mata, Alagoas, verificou que as variedades não diferiram quanto aos teores de sacarose aparente, obtendo uma média geral de 14,84%.

No geral, os teores de fibras mantiveram-se entre 12,81 a 13,51%. Resultados semelhantes foram encontrados por Dias (2011) estudando três variedades de cana-de-açúcar cultivadas em condições irrigadas. Segundo Carlin (2005), a oscilação no teor de fibra entre as variedades é uma característica genética e quanto maior for o teor de sacarose das variedades, menor será o teor de fibra apresentado por elas.

Nas cultivares que apresentam menor potencial de acúmulo de sacarose, o teor de fibra está entre 7 e 8% e, nas com maior potencial, entre 16 e 17% sendo que 12,5% de fibra é considerado valor médio (FRANZÉ, 2010). Atualmente deve-se considerar a fibra da cana-de-açúcar para a cogeração de energia na indústria canavieira, sendo utilizada como combustível nos processos industriais, bem como vendida para as companhias energéticas quando em excedente (COSTA et al., 2011).

Marques e Silva (2008) comparando variedades de cana-de-açúcar cultivadas na região de Presidente Prudente, São Paulo, visando proporcionar conhecimentos da cultura no seu ambiente de desenvolvimento, também não verificaram diferenças significativas quanto os índices tecnológicos.

A pureza refere-se à quantidade de açúcares contidos no caldo, quanto mais elevado for seu valor, menor será a quantidade de impurezas no caldo, e consequentemente o produto terá maior valor econômico (ASSIS et al., 2004). Quanto à pureza da cana (Tabela 4), os genótipos apresentaram comportamentos semelhantes.

De acordo com Santana (2012) é importante obter valores superiores a 80% de pureza durante o processo de colheita. E isso foi evidenciado neste trabalho, demonstrando boa qualidade da matéria-prima. Resultados semelhantes também foram encontrados por Carvalho et al. (2008).

**Tabela 4.** Valores médios dos índices tecnológicos (Pureza, Açúcares Redutores - AR e Açúcares Redutores Totais - ART) de quatro genótipos de cana-de-açúcar, na região de Rio Largo- AL, 2013.

| Genótipos     | Índices Tecnológicos da cana-de-açúcar |           |            |
|---------------|----------------------------------------|-----------|------------|
|               | Pureza<br>(%)                          | AR<br>(%) | ART<br>(%) |
| RB92579       | 83,66                                  | 0,78      | 16,32      |
| RB98710       | 86,19                                  | 0,72      | 16,22      |
| RB99395       | 87,72                                  | 0,70      | 16,61      |
| RB961003      | 88,24                                  | 0,68      | 16,46      |
| Significância | ns                                     | ns        | ns         |
| CV (%)        | 3,57                                   | 9,64      | 4,97       |

<sup>ns</sup> Não significativo pelo teste F.  
CV = Coeficiente de Variação.

O acúmulo de sacarose durante o processo de maturação ocorre simultaneamente com uma redução do teor de açúcares redutores e aumento da pureza (LEME FILHO, 2005). Contudo, apesar da oscilação nos teores de glicose e frutose nas diferentes porções dos entrenós durante os 90 DAC, não foi verificado diferenças significativas entre os genótipos estudados para os açúcares redutores (AR) na avaliação final de todo o colmo, variando de 0,68 a 0,78%. Também não houve diferença entre os genótipos para os açúcares redutores totais (ART) (Tabela 4).

Demetrio et al. (2008) analisaram dez clones RB's e constataram que os valores de AR variaram de 0,42 a 0,60%. Segundo Minguetti (2012), os açúcares redutores podem ser originários da própria cana, que quando imatura possui teores superiores a 1% ou provenientes da inversão da sacarose durante o processo de fabricação.

Santos (2008b) avaliando os índices tecnológicos de diferentes variedades de cana-de-açúcar observou que a RB92579 apresentou 37% a mais de açúcares redutores em relação à média das demais variedades e menores valores para os teores de Pol e fibra, ratificando que esta variedade é mais rica em glicose e frutose, fazendo com que seja caracterizada de ciclo tardio.

Na Tabela 5 constam os resultados dos açúcares totais recuperáveis (ATR) e da produtividade agrícola (TCH). Não houve diferença significativa entre os genótipos para o ATR, porém a variedade RB99395 apresentou maior rendimento de açúcares, em média, 147,87 kg t<sup>-1</sup>.

Avaliando-se a produtividade agrícola, verificou-se diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade entre os genótipos. A RB99395 destacou-se entre as demais com uma produtividade média de 152,93 toneladas de colmos por hectare, no entanto, não diferiu da RB92579 e RB98710. O clone RB961003 foi o que apresentou, em média, a mais baixa produtividade agrícola.

**Tabela 5.** Valores médios dos Açúcares Totais Recuperáveis (ATR) e Produtividade agrícola (TCH) de quatro genótipos de cana-de-açúcar, na região de Rio Largo- AL, 2013.

| Genótipos     | Índices de produtividade da cana-de-açúcar |                              |
|---------------|--------------------------------------------|------------------------------|
|               | ATR<br>(kg t <sup>-1</sup> )               | TCH<br>(t ha <sup>-1</sup> ) |
| RB92579       | 145,31                                     | 125,98 ab                    |
| RB98710       | 144,42                                     | 115,92 ab                    |
| RB99395       | 147,87                                     | 152,93 a                     |
| RB961003      | 146,54                                     | 108,04 b                     |
| Significância | ns                                         | *                            |
| CV (%)        | 4,97                                       | 11,60                        |

<sup>ns</sup> Não significativo pelo teste F. CV = Coeficiente de Variação.

\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Vieira et al. (2012) analisando a produtividade dos colmos e rendimentos de açúcares da cana-de-açúcar sob diferentes lâminas de água aplicadas no ciclo da cultura, sendo as plantas irrigadas em todos os tratamentos até cinco dias antes da colheita, verificaram que a lâmina que proporcionou maior rendimento de açúcares foi de 1.617,7 mm com 141,3 kg de açúcares por tonelada de colmos e as plantas que receberam quantidades de água a partir desse valor apresentaram redução da concentração de açúcares, em termos de ATR.

Teodoro et al. (2012) determinando a produtividade agrícola da cana-de-açúcar irrigada por gotejamento subsuperficial em Goiás, constataram redução na produtividade à medida que se aumentou a lâmina de irrigação. Os autores relacionaram o ocorrido com o estresse provocado pelo excesso de água.

Por outro lado, Gava et al. (2011) estudando o efeito da irrigação por gotejamento na produtividade de colmos de três cultivares de cana-de-açúcar, observaram que as mesmas apresentaram respostas diferenciadas, entretanto a irrigação promoveu incremento médio de 24% na produtividade dos colmos e de 23% na produtividade de açúcar em relação ao manejo de sequeiro.

Oliveira et al. (2011b) observaram que o uso da irrigação plena proporcionou as maiores produtividades de colmos em variedades de cana-de-açúcar na região de Carpina, Pernambuco, indicando a viabilidade técnica deste manejo como alternativa para o aumento da produtividade dos canaviais brasileiros.

## 5. CONCLUSÕES

O caldo de cana-de-açúcar extraído nos entrenós de 1 a 4 apresenta os teores de glicose e frutose mais acentuados, enquanto que o maior acúmulo de sacarose e sólidos solúveis totais ocorre nos entrenós de 5 a 8, demonstrando maturação mais acentuada nesta porção.

Os genótipos RB92579, RB98710, RB99395 e RB961003 não diferem quanto aos teores de sólidos solúveis totais (°Brix), Pol da cana (%), pureza do caldo (%), fibra industrial (%), açúcares redutores (%), açúcares redutores totais (%) e açúcares totais recuperáveis ( $\text{kg t}^{-1}$ ) quando cultivados nas condições edafoclimáticas de Rio Largo-AL. Entretanto, a variedade RB99395 apresenta a mais elevada produtividade de colmos.

A RB99395 apresenta maior estabilidade nos teores de açúcares durante o processo de maturação, o que pode ratificar maturação mais precoce e elevada produtividade agrícola desta variedade.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, M. L. et al. Crescimento e produtividade de cana-de-açúcar em função da disponibilidade hídrica dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas. Campinas, **Bragantia**, v. 72, n. 3, p. 262-270, 2013.
- ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, Irrigation and Drainage Paper, 56. 300 p. 1998.
- ALMEIDA, A. C. S. et al. Desenvolvimento vegetativo e produção de variedades de cana-de-açúcar em relação à disponibilidade hídrica e unidades térmicas. Lavras, **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1441-1448, 2008.
- ASSIS, P. C. O. et al. Resposta dos parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar a diferentes lâminas de irrigação e adubação. Paraíba: EDUEP/UEPB. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 4, n. 2, 2004.
- AZEVEDO, H. J. Fisiologia da cana-de-açúcar. Araras: Programa Nacional de Melhoramento da Cana- de-açúcar. Apostila, 108 p. 1981. In: TOPPA, E. V. B. et al. Aspectos da fisiologia de produção da cana-de-açúcar (*Saccharum Officinarum* L.). **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 3, n. 3, p. 217-223. 2010.
- BARBOSA, G. V. S. **Melhoramento genético da cana-de-açúcar UFAL/RIDESA**. Maceió: UFAL/RIDESA. 2012. Disponível em: <[http://www.sindicucar-al.com.br/wp-content/uploads/2011/06/Melhoramento\\_genetico\\_da\\_cana\\_UFAL-RIDESA-Ago.12.pdf](http://www.sindicucar-al.com.br/wp-content/uploads/2011/06/Melhoramento_genetico_da_cana_UFAL-RIDESA-Ago.12.pdf)>. Acesso em: 17 fev. 2014.
- BERNARDO, S. **Manejo da irrigação na cana-de-açúcar**. Palestra no XVI CONIRD. Goiânia-GO. 11 p. 2006. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Cana\\_irrigada\\_producao\\_000fizvd3t102wyiv802hvm3jlwle6b8.pdf](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Cana_irrigada_producao_000fizvd3t102wyiv802hvm3jlwle6b8.pdf)>. Acesso em: 20 dez. 2013.
- BRUNINI, O. Ambientes climáticos e exploração agrícola da cana-de-açúcar. In: DINARDOMIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; ANDRADE LANDELL, M.G. **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, p. 205-218, 2008.
- CAPUTO, M. M. **Indução da maturação por produtos químicos e sua consequência na qualidade tecnológica de diferentes genótipos de cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ, 138 p. 2006. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2006.
- CARLIN, S. D. **Impacto de tombamento na produtividade de diferentes variedades de cana-de-açúcar**. Campinas: IAC, 72 p. 2005. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Produção Agrícola) - Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas, 2005.
- CARVALHO, C. M. et al. Resposta dos parâmetros tecnológicos da terceira folha de cana-de-açúcar submetida a diferentes níveis de irrigação. Recife, **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, n. 4, p. 337-342, 2008.



CARVALHO, O. M. **Classificação e caracterização físico-hídrica de solos de Rio Largo, cultivados com cana-de-açúcar**. Rio Largo: UFAL, 74 p. 2003. Dissertação (Mestrado em agronomia). Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2003.

CASTRO, P. R. C. et al. Ação comparada de Ethrel, Fuzilade e Roundup, em duas épocas de aplicação, na maturação e produtividade da cana-de-açúcar SP 70-1143. **Revista de Agricultura**, v. 77, n. 1, p. 23-38, 2002.

CESNIK, R.; MIOCQUE, J. **Melhoramento da cana-de-açúcar**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 19-20, 2004.

CHAVES JUNIOR, G. T. **Influência do clima na produtividade da cana-de-açúcar**. Araçatuba, SP: Fatec. 57 p. 2011.

CLARKE, M. A.; LEGENDRE, B. R. **Qualidade da cana-de-açúcar: impactos no rendimento do açúcar e fatores de qualidade**. Piracicaba: STAB: açúcar, álcool e subprodutos, v. 17, n. 6, p. 36-40, 1999.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira: Cana-de-açúcar, Safra 2012/2013, quarto levantamento, abril/2013**. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento, 18p. 2013.

CONSECANA-AL/SE. Conselho dos produtores de cana-de-açúcar, açúcar e álcool dos estados de Alagoas e Sergipe. **Sistema de remuneração da tonelada de cana-de-açúcar com base o açúcar total recuperável (ATR), safra 2006/2007**. 12 p. 2006.

COSTA, C. T. S. et al. Crescimento e produtividade de quatro variedades de cana-de-açúcar no quarto ciclo de cultivo. Mossoró, **Revista Caatinga**, v. 24, n. 3, p. 56-63, 2011.

CRUZ, L. P. **Caracterização do proteoma de entrenós maduros e imaturos de cana de açúcar durante o estágio de maturação**. Piracicaba: ESALQ, 200 p. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências: Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2012.

DEMETRIO, P. A.; ZONETTI, P. C.; MUNHOZ, R. E. F. Avaliação de clones de cana-de-açúcar promissores RBs quanto à resistência à broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*) na região noroeste do Paraná. Maringá: **Iniciação Científica CESUMAR**, v. 10, n. 1, p. 13-16, 2008.

DIAS, C. M. O. **Indicadores fisiológicos, fitotécnicos e agroindustriais de variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob duas condições hídricas**. Janaúba: Unimontes, 82 p. 2011. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido) - Universidade Estadual de Montes Claros. Janaúba, 2011.

DINARDO, V. et al. **Avaliação da pol em cana-de-açúcar com ciclo de maturação em início da safra**. Jaboticabal: FATEC-JB, Ciência & Tecnologia, v. 3, 2011.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. Yield response to water. Rome: FAO, **Irrigation and Drainage Paper**, n. 33, 172 p. 1979.

DUARTE, B. B. **Processo de polpação aplicado às frações interna e externa do bagaço de cana-de-açúcar**. São Carlos: USP, 106 p. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, 2013.

FELIPE, D. C. **Produtividade da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) submetida a diferentes épocas de plantio e a adubação mineral**. Areia: UFPB/CCA, 70 p. 2008. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba. Centro de Ciências Agrárias. Areia, 2008.

FELIX, J.M. et al. Expression profile of signal transduction components in a sugarcane population segregating for sugar content. New York, **Tropical Plant Biology**, v. 2, p. 98-109, 2009.

FERNANDES, A. C. **Refratômetro de campo**. São Paulo: Boletim Técnico Copersucar, v. 19, p. 5-12, 1982.

FERNANDES, A. C. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar**. Piracicaba: STAB, 193 p. 2000.

FERREIRA JUNIOR, R. A. et al. Crescimento e fotossíntese de cana-de-açúcar em função de variáveis biométricas e meteorológicas. Campina Grande, PB, UAEA/UFCG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 11, p. 1229-1236, 2012.

FORTES, C. **Discriminação varietal e estimativa de produtividade agroindustrial de cana-de-açúcar pelo sensor orbital ETM+/LANDSAT 7**. Piracicaba: ESALQ, 131 p. 2003. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2003.

FRANZÉ, R. V. **Qualidade tecnológica e teores de nutrientes da cana-de-açúcar sob efeito de maturadores**. Jaboticabal: UNESP, 53 p. 2010. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Jaboticabal, 2010.

GALDIANO, L. C. **Qualidade da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) submetida à aplicação de maturadores químicos em final de safra**. Jaboticabal: UNESP, 53 p. 2008. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, 2008.

GASCHO, G.J.; SHIH, S.F. Sugarcane. In: TEARE, I.D.; PEET, M.M. (Ed). **Crop water relations**. New York: Wiley-Interscience, p. 445-479. 1983.

GAVA, G. J. C. et al. Produtividade de três cultivares de cana-de-açúcar sob manejos de sequeiro e irrigado por gotejamento. Campina Grande: UAEA/UFCG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 3, p. 250-255, 2011.

GODINHO, A. M. M. **Parâmetros biométricos, tecnológicos e nutrientes foliares em cana-de-açúcar**. Presidente Prudente: Unoeste, 28 p. 2007. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) – Universidade do Oeste Paulista. Presidente Prudente, 2007.

HUNT, R. S. et al. Quantitative determination of sugar in foodstuffs by high performance liquid chromatography. **Analyst**, n. 102, p. 917- 920, 1977.

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.

KRAMER, P.J e BOYER J. Water Relations of Plants and Soils. San Diego: **Academic Press**, p. 16-41 1995.

LEITE, R. L. L. **Cultivares de cana-de-açúcar em solos da região norte do Estado do Tocantins**. Araguaína: UFT, 64 p. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal Tropical) - Universidade Federal do Tocantins. Araguaína, 2007.

LEME FILHO, J. R. A. **Estudo comparativo dos métodos de determinação e de estimativas dos teores de fibra e de açúcares redutores em cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ, 151 p. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências: Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2005.

LINGLE, S. E.; IRVINE, J. E. Sucrose synthase and natural ripening in sugarcane. **Crop Science**, v. 34, p. 1279-1283. 1994.

LINGLE, S. E.; SMITH, R. C. Sucrose metabolism related to growth and ripening in sugarcane internodes. **Crop Science**, v. 31, p. 172-177. 1991.

LUCCHESI, A. A. **Processos fisiológicos da cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*)**. Boletim Técnico: ESALQ/CENA, n. 7, p. 1-50, 1995.

LYRA, G.B. et al. Evapotranspiração da cultura de cana-de-açúcar na região de Tabuleiros Costeiros do estado de Alagoas: coeficiente da cultura “único” padrão boletim FAO-56. Piracicaba, **Revista da STAB**, v. 25, p. 40-43, 2007.

MACHADO, E. C. Fisiologia de produção de cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S.B. **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, v. 1, p. 56-87. 1987.

MAGALHÃES, A. C. N. Ecofisiologia da cana-de-açúcar: aspectos do metabolismo do carbono da planta. In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. **Ecofisiologia da Produção**. Piracicaba: Associação Brasileira para pesquisa do Potássio e do Fósforo. p. 113-118, 1987.

MAGRO, F. J. et al. **Biometria em cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ/USP. Produção de Cana-de-Açúcar, 18 p. 2011.

MARAFON, A. C. **Análise quantitativa de crescimento em cana-de-açúcar: uma introdução ao procedimento prático**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 29 p. 2012.

MARQUES, T. A.; SILVA, W. H. Crescimento vegetativo e maturação em três cultivares de cana-de-açúcar. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 8, n. 1, 2008.

MATSUOKA, S. **Relatório anual de programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar**. Araras: UFSCar, CCA, DBV, 39 p. 2000.

MESCHEDE, D. K. **Efeito do glyphosate e sulfometuron-metil na fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: UNESP, FCA, 76 p. 2009. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”. Faculdade de Ciências Agrônomicas. Botucatu, 2009.

MINGUETTI, F. F. **Influência dos sistemas de produção, convencional e orgânico, na qualidade da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) e do açúcar mascavo**. Araras: UFSCar, 76 p. 2012. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) - Universidade Federal de São Carlos. Araras, 2012.

MUTTON, M. A. Modo de ação do sal de isopropilamina de N-(fosfonometil) glicina (glifosate) e efeito maturador na cana-de-açúcar. In: Seminário Roundup Efeito Maturador, 1., Guarujá. Anais... p. 9-17. 1993.

OETTERER, M. et al. **Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Barueri: Manole, 612 p. 2006.

OLIVEIRA, E. C. A. et al. Produtividade, eficiência de uso da água e qualidade tecnológica de cana-de-açúcar submetida a diferentes regimes hídricos. Brasília, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 6, p. 617-625, 2011b.

OLIVEIRA, F. M. et al. Acúmulo de açúcares em variedades de cana influenciadas por diferentes supressões de irrigação e adubação. Pouso Alegre: IFSULDEMINAS, **Revista Agroambiental**, v. 3, n. 2, p. 47-55, 2011a.

OLIVEIRA, M. W. et al. Nutrição mineral e adubação da cana-de-açúcar. Belo Horizonte, MG. **Informe Agropecuário**, v. 28, n. 239, p. 30-43. 2007.

OLIVEIRA, R. A. et al. Crescimento e desenvolvimento de três cultivares de cana-de-açúcar, em cana-planta, no Estado do Paraná. **Scientia Agraria**, v. 5, n. 1-2, p. 87-94, 2004.

QUDSIEH, H. Y. M. et al. Physico-chemical changes in sugarcane (*Saccharum officinarum* var *Yellow Cane*) and the extracted juice at different portions of the stem during development and maturation. **Food Chemistry**, v. 75, p. 131-137. 2001.

RIBEIRO, C. A. F; BLUMER, S. A. G.; HORII, J. **Fundamentos de tecnologia sucroalcooleira: Tecnologia do açúcar**. Piracicaba: ESALQ. 70 p. 1999.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. Piracicaba: Barros & Marques Ed. Eletrônica, 302 p. 2004.

ROCHA, F. R. **Identificação e análise funcional de genes relacionados à transdução de sinais na cana-de-açúcar**. São Paulo: USP, 181 p. 2006. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

RODRIGUES, D. C. G. A.; SANTOS, T. T. **Manual de práticas de processos bioquímicos**. Rio de Janeiro: UERJ. Apostila das aulas práticas. 41 p. 2011.

RODRIGUES, J. D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: UNESP, Universidade Estadual Paulista, 99 p. 1995.

SANTANA, P. B. **Desempenho agrônomo e tecnológico de variedades de cana-de-açúcar submetidas a diferentes lâminas de irrigação no Norte de Minas Gerais**. Janaúba: Unimontes, 92 p. 2012. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido) - Universidade Estadual de Montes Claros. Janaúba, 2012.

SANTOS, A. C. A. **Avaliação de genótipos de cana-de-açúcar para as condições edafoclimáticas de Aparecida do Taboado, MS**. Ilha Solteira: UNESP, 90 p. 2008a. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Sistemas de Produção) - Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira, 2008a.

SANTOS, D. H. et al. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. Campina Grande, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p. 443-449, 2011.

SANTOS, F. A. **Análise de trilha dos principais constituintes orgânicos e inorgânicos sobre a cor do caldo em cultivares de cana-de-açúcar**. Viçosa: UFV, 62 p. 2008b. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2008b.

SILVA, G. M. et al. **The use of ethephon to manage sugarcane varieties in different locations of the central - southern region of Brazil**. In: CONGRESS OF I.S.S.C.T., 20, São Paulo. p. 623-645. 1989.

SILVA, R. F. S.; SEGATO, S. V. Importância do uso de maturadores vegetais na cultura da cana-de-açúcar. Ituverava, **Nucleus**, v. 8, n. 2, 2011.

SILVA, V. S. G. **Estado nutricional, acúmulo de nutrientes, qualidade do caldo e produção de açúcares por quatro variedades de cana**. Rio Largo: UFAL, CECA. Trabalho de Conclusão de Curso. 30 p. 2012.

SINCLAIR, T. R. et al. Sugarcane leaf area development under field conditions in Florida, EUA. Amsterdam, **Field Crops Research**, v. 88, p. 171-178, 2004.

SMITH, M. et al. **Report on the expert consultation on procedures for revision of FAO guidelines for prediction of crop water requirements**. FAO, Rome, Italy. Land and Water Development Division, 45p. 1991.

SOUZA, J. K. C. et al. Importância da irrigação para a produção de cana-de-açúcar no nordeste do Brasil. Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior. **Revista Educação Agrícola Superior**, v. 27, n. 2, p. 133-140, 2012.

SOUZA, J. L. et al. Análise da precipitação pluvial e temperatura do ar na região do tabuleiro costeiro de Maceió, AL, período de 1972-2001. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 131-141, 2004.

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 3 ed., 719 p., 2004.

TEODORO, I. et al. **Crescimento e produtividade da cana-de-açúcar em cultivo de sequeiro nos tabuleiros costeiros de Alagoas**. Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, STAB, v. 27, n. 4, p. 46-49, 2009.

TEODORO, J. P. R. et al. **Produtividade da cana-de-açúcar irrigada por gotejamento subsuperficial**. In: I Congresso de Pesquisa e Pós-Graduação do Campus Rio Verde do IF Goiano. 2012. Disponível em: <<http://rioverde.ifgoiano.edu.br/>>. Acesso em: 03 de jan. 2014.

TOPPA, E. V. B. et al. Aspectos da fisiologia de produção da cana-de-açúcar (*Saccharum Officinarum* L.). **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 3, n. 3, p. 217-223. 2010.

VALE, D. W. **Manejo da palha, adubação nitrogenada, potássica e uso de inoculante em soca de cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ, 115 p. 2013. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2013.

VIEIRA, G. H. S. et al. Produtividade de colmos e rendimento de açúcares da cana-de-açúcar em função de lâminas de água. Botucatu: UNESP, FCA, **Irriga**, v. 17, n. 2, p. 234-244, 2012.

YAMORI, W.; NOGUCHI, K.; TERASHIMA, I. Temperature acclimation of photosynthesis in spinach leaves: analyses of photosynthetic components and temperature dependencies of photosynthetic partial reactions. **Plant, Cell and Environment**, v. 28, p. 536-547, 2005.

ZIELINSKI, R. P. **Caracterização bioquímica de genótipos de cana-de-açúcar: análise de açúcares**. Dois vizinhos: UTFPR, 13 p. 2010.