

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**BALANÇO HÍDRICO, CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE
GENÓTIPOS RB DE CANA-DE-AÇÚCAR EM CULTIVO DE
SEQUEIRO NA REGIÃO DE RIO LARGO-AL**

MARCOS ANTONIO LIODORIO DOS SANTOS

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Irrigação e Drenagem).

BOTUCATU – SP
Fevereiro – 2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**BALANÇO HÍDRICO, CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE
GENÓTIPOS RB DE CANA-DE-AÇÚCAR EM CULTIVO DE
SEQUEIRO NA REGIÃO DE RIO LARGO-AL**

MARCOS ANTONIO LIODORIO DOS SANTOS

Orientador: Prof. Dr. João Luis Zocoler

Co-orientador: Prof. Dr. Iêdo Teodoro

Dissertação apresentado à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP – Campus
de Botucatu para obtenção do título de Mestre
em Agronomia (Irrigação e Drenagem).

BOTUCATU – SP
Fevereiro – 2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

S237b Santos, Marcos Antonio Liodorio dos, 1989-
Balanço hídrico, crescimento e produtividade de genótipos RB de cana-de-açúcar em cultivo de sequeiro na região de Rio Largo-AL / Marcos Antonio Liodorio dos Santos. - Botucatu : [s.n.], 2015
x, 60 f. : fots. color., grafs., ils. color., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2015
Orientador: João Luis Zocoler
Coorientador: Iêdo Teodoro
Inclui bibliografia

1. Cana-de-açúcar. 2. Balanço hidrológico. 3. Produtividade agrícola. 4. Produtividade industrial. 5. Melhoramento genético I. Zocoler, João Luis. II. Teodoro, Iêdo. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. IV. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE BOTUCATU
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: BALANÇO HÍDRICO, CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE GENÓTIPOS RB DE CANA-DE-AÇÚCAR EM CULTIVO DE SEQUEIRO NA REGIÃO DE RIO LARGO-AL

AUTOR: MARCOS ANTONIO LIODORIO DOS SANTOS


ORIENTADOR: Prof. Dr. JOAO LUIS ZOCOLER

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. IEDO TEODORO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA (IRRIGAÇÃO E DRENAGEM) , pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. JOAO LUIS ZOCOLER

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. ANTONIO DE PADUA SOUSA

Dep de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu


Prof. Dr. FERNANDO BRAZ TANGERINO HERNANDEZ

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Data da realização: 27 de fevereiro de 2015.

Aos meus pais Antonio Liodorio dos Santos e Zailde dos Santos, pelo amor e pelo apoio para me tornar o homem que sou.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter-me concedido a vida, dando-me força e coragem nesta jornada e fortalecimento profissional, apesar das dificuldades e dos obstáculos.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP\BOTUCATU-SP, pela oportunidade oferecida para realização deste curso.

As minhas irmãs, Alba, Almira e Mailde.

Ao professor e orientador, Dr. João Luis Zocoler.

Ao professor e co-orientador, Dr. Iêdo Teodoro, pela paciência, amizade, dedicação e ensinamentos durante os longos anos e o apoio muito importante para com este projeto.

Aos professores, Dr. Guilherme Lyra e Dr. José Leonaldo, pela amizade, incentivo e orientação.

Aos professores, Dr. Antônio de Pádua Sousa e Dr. Fernando Bras Tangerino, pelos ensinamentos, paciência e dedicação.

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

Ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA\UFAL).

Ao Laboratório de Agrometeorologia e Radiometria Solar (LARAS\UFAL).

À Usina Santa Clotilde S/A localizada em Rio Largo no Estado de Alagoas.

SUMÁRIO

	Página
SUMÁRIO	V
LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS.....	IX
RESUMO	1
SUMMARY	3
1. INTRODUÇÃO	5
2. REVISÃO DE LITERATURA	7
2.1 História e origem da cana-de-açúcar	7
2.2 Classificação Botânica	8
2.3 Variedades	10
2.4 Brotação e perfilhamento da cultura.....	11
2.5 Variáveis agrometeorológicas.....	12
2.5.1 Temperatura do ar	12
2.5.2 Necessidades hídricas da cana-de-açúcar	13
2.5.3 Balanço hídrico	14
2.6 Produtividade agroindustrial.....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1 Local e condução do experimento	19
3.2 Delineamento experimental e variáveis avaliadas	20
3.3 Variáveis agrometeorológicas.....	23
3.4 Balanço Hídrico	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1 Variáveis agrometeorológicas.....	29
4.2 Balanço hídrico e desenvolvimento da cultura	32
4.3 Variáveis agrícolas de desenvolvimento da cultura.....	34
4.3.1 Perfilhamento	34
4.3.2 Índice de área foliar (IAF) e altura do dossel	37
4.3.3 Diâmetro do colmo	40

4.4 Produtividade Agrícola	41
4.5 Produtividade industrial	44
5. CONCLUSÕES	53
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Primórdios radiculares e gema (a), raízes em formação, rizoma e brotos (b), inflorescência/panícula(c) e sementes (d) da cana-de-açúcar. (Fotos: a – Raffaella Rossetto,s.d.; b e c –sem identificação; d – Caiero et al., 2010).....	9
Figura 2. Fases de desenvolvimento da cana (GASCHO e SHIH, 1983).....	12
Figura 3. Curva dos coeficientes de culturais médios e definição dos períodos vegetativos (Segundo Allen et al., 1998).....	16
Figura 4. Balanço da água no solo na zona radicular (adaptado da FAO 56).....	17
Figura 5. Croqui do experimento de cana-de-açúcar.	21
Figura 6. Estação Agrometeorológica do Laboratório de Agrometeorologia e Radiometria Solar (LARAS), no Centro de Ciências Agrárias – Rio Largo (AL).....	24
Figura 7. Precipitação pluvial (chuva), Evapotranspiração de referência (ET _o), Temperatura máxima (T _{max}), temperatura média (T _{med}) e temperatura mínima (T _{min}) em decêndios durante os dois ciclos de cultivo da cultura na região de Rio Largo-AL, nas safras 2011/2012 e 2012/2013.....	30
Figura 8. Balanço Hídrico da cultura da cana-de-açúcar durante os ciclos de cultivo na região de Rio Largo (AL) entre agosto de 2011 e dezembro de 2013.....	33
Figura 9. Perfilhamento dos genótipos da cana-planta, correspondente aos meses de agosto de 2011 a novembro de 2012.	34
Figura 10. Número de perfilhos por metro dos genótipos de cana-de-açúcar na cana-soca, correspondente aos meses de dezembro 2012 a dezembro de 2013.....	35
Figura 11. Altura do dossel e índice de área foliar de genótipos de cana-de-açúcar no período de 62 DAP até a colheita da cana-planta aos 434 DAP.....	38
Figura 12. Altura do dossel e Índice de área foliar de genótipos de cana-de-açúcar no período de 219 DAC até a colheita da cana-soca aos 384 DAC.	38
Figura 13. Produtividade agrícola e altura do dossel dos dez genótipos de cana-de-açúcar na região de Rio Largo (AL), nas safras 2011/2012 e 2012/2013.....	43

- Figura 14. Isoquantas de toneladas de açúcar por hectare (TAH), açúcares totais recuperáveis (ATR) e toneladas de açúcar por hectare (TAH) no ciclo cana-planta..... 52
- Figura 15. Isoquantas de toneladas de açúcar por hectare (TAH), açúcares totais recuperáveis (ATR) e toneladas de colmos por hectare (TCH) no ciclo da cana-soca..... 52

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Resultados da análise química do solo da área experimental, nas profundidades de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm.....	20
Tabela 2. Valores do coeficiente cultural (Kc) para cana-de-açúcar.	24
Tabela 3. Normal climatológica da precipitação pluvial (média decendial) no Tabuleiro Costeiro de Maceió (AL).	31
Tabela 4. Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável perfilhamento.....	36
Tabela 5. Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável índice de área foliar (IAF).	39
Tabela 6. Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para variável altura final do dossel.....	40
Tabela 7. Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável diâmetro final do colmo.....	41
Tabela 8. Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável Toneladas de colmo por hectare (TCH).	42
Tabela 9. Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável Brix.	44
Tabela 10. Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável sacarose aparente (POL%).....	45
Tabela 11. Indicadores da qualidade da cana-de-açúcar e valores recomendados (RIPOLI e RIPOLI, 2009) apud (Fermentec).	46
Tabela 12. Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável pureza do caldo (PZA).....	46
Tabela 13. Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável percentual de caldo (PC).....	47
Tabela 14. Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativa para a variável fibra.	48

Tabela 15. Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável açúcares redutores (AR).	49
Tabela 16. Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos de açúcares totais recuperáveis (ATR).....	50
Tabela 17. Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativa para a variável tonelada de açúcar por hectare (TAH)	51

BALANÇO HÍDRICO, CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE GENÓTIPOS RB DE CANA-DE-AÇÚCAR EM CULTIVO DE SEQUEIRO NA REGIÃO DE RIO LARGO-AL. Botucatu, 2015. 60p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Autor: MARCOS ANTÔNIO LIODORIO DOS SANTOS

Orientador: JOÃO LUIS ZOCOLER

Co-orientador: IÊDO TEODORO

RESUMO

A distribuição irregular da chuva em algumas regiões produtoras de cana-de-açúcar é a principal causa da baixa produtividade agrícola no Nordeste Brasileiro. Isso tem gerado a necessidade de criação de programas de melhoramento genético de cana-de-açúcar para a obtenção de novas variedades mais adaptadas às adversidades edafoclimáticas. Por isso, as novas variedades, precisam ser testadas experimentalmente antes de serem cultivadas nas empresas em escala comercial. Assim, com o objetivo de avaliar as interações entre as variáveis ambientais, o desenvolvimento e a produtividade de dez genótipos RB de cana-de-açúcar (RB92579, RB99395, RB98710, RB91514, RB961003, RB991552, RB991536, RB99383, RB9364 e RB99386), foi realizado um experimento na região de Rio Largo, Alagoas. O experimento foi conduzido no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (09°28'02"S; 35°49'43"W; 127m), o plantio foi feito em agosto de 2011 numa área com 2156 m². Utilizou-se o delineamento estatístico em esquema fatorial de blocos casualizados com quatro repetições. A primeira colheita foi feita em novembro de 2012 e a segunda em dezembro de 2013, e o balanço hídrico foi calculado pelo método de Thornthwaite e Mather (1977), com base nos dados do Laboratório de Agrometeorologia e Radiometria Solar (LARAS). O ano de 2012 foi um ano atípico, visto que a deficiência hídrica, que normalmente ocorre entre os meses de outubro e fevereiro na região, expandiu-se de outubro até maio. O balanço hídrico da cultura apresentou déficit de 869 mm e excesso de 308 mm em cana-planta, e déficit de 741 mm e excesso hídrico de 790 mm em cana-soca. A deficiência hídrica da cultura limitou o crescimento dos genótipos principalmente em cana-

soca, haja vista que a deficiência foi nas fases mais sensíveis da cultura, ou seja, brotação e estabelecimento. Em média, a produtividade agrícola, em toneladas de colmo por hectare (TCH), na cana-planta foi 75,5 t ha⁻¹ e na cana-soca foi de 47,3 t ha⁻¹, uma diferença de 28,1 t ha⁻¹ ou 37%. Nenhum genótipo se destacou isoladamente sobre os demais na produtividade agrícola, tanto na cana-planta quanto na cana-soca. O mesmo ocorreu com a produção de açúcar total, em toneladas de açúcar por hectare (TAH), que foi maior em todos os genótipos na cana-planta (11,35) em relação à cana-soca (6,31). De modo similar à TCH, nenhum genótipo se destacou isoladamente em relação aos demais. Tanto a produtividade de colmos por hectare como a produção de açúcares por hectare sofrem efeito da interação genótipo-ciclo.

Palavras-chave: *Saccharum* spp., balanço hídrico, produtividade agroindustrial.

WATER BALANCE, GROWTH AND PRODUCTIVITY OF RB GENOTYPES OF SUGARCANE IN DRYLAND FARMING IN THE REGION OF RIO LARGO – AL. Botucatu, 2015. 60p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem)– Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: MARCOS ANTÔNIO LIODORIO DOS SANTOS

Adviser: JOÃO LUIS ZOCOLER

Co-Adviser: IÊDO TEODORO

SUMMARY

The irregular distribution of rainfall in some producing regions of cane sugar is the main cause of low agricultural productivity in northeastern Brazil. This has generated the need of genetic breeding of sugar cane for obtaining new varieties better adapted to soil and climatic adversities. Therefore, the new varieties usually need to be tested experimentally before being grown on a commercial scale in companies. Thus, in order to assess the interactions between environmental variables, the development and productivity of 10 RB genotypes sugar cane (RB92579, RB99395, RB98710, RB91514, RB961003, RB991552, RB991536, RB99383, RB9364 and RB99386) an experiment was conducted in the region of Rio Largo, Alagoas. It was conducted at the Center for Agricultural Sciences, Federal University of Alagoas. (09°28'02"S; 35°49'43"W; 127m). Planting was done in August (2011) in an area of 2156 m². The statistical design was the randomized block with four replications. The first harvest was made in November 2012 and the second in December (2013). Water balance was calculated by Thornthwaite and Mather method (1977), based on data from the Laboratory of Agro meteorology and Solar Radiometry (LARAS). The year 2012 was an unusual year because the water deficiency, which typically occurs between the months of October and February in the region, expanded going the months of October through May. The water balance of culture has presented a deficit of 869 mm and an excess of 308 mm in plant-sugar cane, and a deficit of 741 mm and an excess of 790 mm in ratoon cane. Water deficiency of culture has limited the growth of genotypes mainly in ratoon cane, because the deficiency happened in sprouting and establishment, more sensitive phases of culture. On

average, the agricultural productivity, in tons per hectare stem (TCH), in sugar cane plant was 75.5 t ha⁻¹ and ratoon cane was 47.3 t ha⁻¹, a difference of 28.1 t ha⁻¹ or 37%. No genotype excelled in isolation over the other in agricultural productivity, both in sugar cane plant and ratoon cane. The same occurred with the total sugar production, in tons of sugar per hectare (TAH), which was higher in all genotypes in sugar cane plant (11.35) in relation to ratoon cane (6.31). In a similar way to TCH, no genotype excelled in isolation in relation to others. Both, the productivity of culms per hectare as the production of sugars per hectare, suffer effect of interaction genotype-cycle.

Keywords: *Saccharum* spp., water balance, industrial productivity.

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma planta perene que pode ser cultivada nas regiões tropicais e subtropicais, numa amplitude que vai desde o paralelo 35° Norte a 35° Sul. A adaptação dessa cultura às condições ambientais de toda essa faixa geoclimática, aliada ao aumento da demanda por açúcar, álcool e energia elétrica, nos últimos anos, tem forçado a expansão da área cultivada com cana em todo o planeta, principalmente no Brasil que é o maior produtor mundial. Na safra 2012/2013, a produção mundial de cana foi da ordem de 1,5 bilhão de toneladas, das quais 588 milhões foram produzidas no Brasil em uma área de 8,4 milhões de hectares (UNICA, 2014).

Apesar do alto nível tecnológico utilizado, a produtividade agrícola dos canaviais brasileiros é bastante variável. Na safra 2010/2011, o Brasil produziu 77,4 t ha⁻¹ e, na safra 2012/2013, esse índice caiu para 67,0 t ha⁻¹, redução de 13,4% (CONAB, 2014). No Nordeste Brasileiro, essa redução foi ainda maior (15%), haja vista que, na safra 2010/11, a produtividade foi 62 t ha⁻¹ e, na de 2012/13, reduziu para 58 t ha⁻¹. Os principais motivos das variações dos rendimentos agrícolas são a variabilidade climática nas regiões tradicionalmente produtoras e a falta de cultivares adaptadas aos novos ambientes de produção que estão

surgindo em consequência da expansão das áreas cultivadas. Dessa forma, o desenvolvimento e a seleção de novas cultivares adaptadas às características edafoclimáticas das respectivas regiões canavieiras se apresentam como alternativa para elevar e estabilizar os rendimentos agrícolas dos empreendimentos agroindustriais da cultura.

Apesar de serem comumente ou tradicionalmente chamadas de variedades, as atuais cultivares de cana-de-açúcar são híbridas obtidas do cruzamento de espécies nativas, sendo que a maior herança genética vem da *Saccharum officinarum* L., que normalmente é a mais rica em açúcar. Barbosa et al. (2000) citaram que o uso de cultivares geneticamente melhoradas nos últimos 40 anos contribuiu com mais de 30% de aumento em produtividade agrícola da cana-de-açúcar.

No processo de desenvolvimento e seleção de novas cultivares para regiões climáticas específicas, os experimentos de competição de variedades ou genótipos são imprescindíveis, porque neles é que irão ser observados o perfil de crescimento, a produtividade agrícola e as características químicas industriais das plantas cultivadas para estas regiões. O perfil de crescimento dos genótipos é avaliado com base na altura do dossel, comprimento e diâmetro dos colmos, e no número de perfilhos ou colmos por unidade de área, e as características químicas analisadas são: Polímeros de sacarímetro (Pol), Açúcares Redutores Totais (ART), Percentual de Açúcar (PC) e Brix.

Com base no exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar as variáveis agrometeorológicas e agroindustriais de genótipos de cana-de-açúcar em dois ciclos (cana-planta e cana-soca) cultivadas em regime de sequeiro nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 História e origem da cana-de-açúcar

O centro de origem da cana-de-açúcar ainda é motivo de discussão (FIGUEIREDO, 2008), contudo, acredita-se que a mesma seja proveniente de regiões da Ásia, mais provavelmente da Nova Guiné (DOORENBOS E KASSAM, 1979). No Brasil, tudo leva a crer que a cana-de-açúcar tenha sido introduzida por Martin Afonso de Souza, trazida da Ilha da Madeira em meados do século XVI para a capitania de São Vicente (atual Estado de São Paulo); Pouco tempo depois, Duarte Coelho Pereira, da mesma forma, trouxe a cana para a capitania de Pernambuco (MANUAL BRASIL AGRÍCOLA, 1999).

Após 1925, por conta do Mosaico, as variedades de cana-de-açúcar que até então pertenciam à espécie *Saccharum officinarum* passaram a ser cruzadas com híbridos de outras espécies mencionadas na classificação botânica para ganhar resistência às doenças, rusticidade e adaptabilidade aos diversos ambientes de cultivo (BACCHI, 1983).

2.2 Classificação Botânica

A cana-de-açúcar pertence ao Gênero *Saccharum* e à família Poaceae, é uma gramínea perene, tendo a seguinte classificação botânica (FERNANDES, 1984):

Divisão: Embryophita siphonogama

Subdivisão: Agiospermae

Classe: Monocotiledoneae

Ordem: Glumiflorae

Tribo: Andropogoneae

Subtribo: Saccharae

As principais espécies são: *Saccharum officinarum* L., *Saccharum spontaneum* L., *Saccharum sinensis* Roxb, *Saccharum barbieri* Jeswiet, *Saccharum robustum* Jeswiet, entretanto, as variedades comerciais são híbridas.

As plantas de cana-de-açúcar são formadas por uma parte aérea composta por colmo, folhas e inflorescências e outra subterrânea formada por raízes e rizomas. Conforme Bacchi (1983), a cana-de-açúcar apresenta a seguinte descrição morfológica:

- As raízes são fasciculadas e a sua distribuição depende da variedade, das propriedades físicas e químicas do solo e do teor de água. Contudo 85% das raízes concentra-se nos primeiros 50 cm de profundidade, porém elas podem atingir até 4 m de profundidade.

- Os colmos são compostos de nós e entrenós (internódios). Em cada nó, há uma gema (Figura 1a) que é disposta alternadamente em torno do colmo. O desenvolvimento das gemas resulta em brotos ou colmos primários (Figura 1b), dos quais surgirão os perfilhos posteriormente. Por meio desse processo, ocorre a formação da touceira da cana-de-açúcar e a população de colmos que será colhida. É importante destacar que a formação do sistema radicular da touceira é resultado do desenvolvimento das raízes de cada perfilho. As gemas são protegidas pela bainha das folhas, que é firmemente presa ao internódio. As folhas mais velhas, ao caírem, deixam cicatrizes em torno do colmo, conhecidas como cicatriz foliar. Logo acima desta, na região de inserção da gema, situa-se a chamada zona radicular, que é uma faixa do colmo que contém os primórdios radiculares

(Figura 1a). As folhas são alternadas, opostas e presas aos nós dos colmos. A parte superior da folha é conhecida como lâmina, e a parte inferior que envolve o colmo é chamada de bainha.

- A inflorescência e sementes da cana-de-açúcar, sob determinadas condições de fotoperíodo, temperatura e umidade, floresce emitindo uma panícula ou flecha (Figura 1c). A flor da cana-de-açúcar é hermafrodita, com um só óvulo. Os pistilos são terminados por estigmas de cor roxa avermelhada, que dão aspecto plumoso característico à panícula. A semente da cana-de-açúcar é na realidade um fruto do tipo cariopse de forma elíptica com 1,5 mm de comprimento por 0,5 mm de diâmetro transversal (Figura 1d).

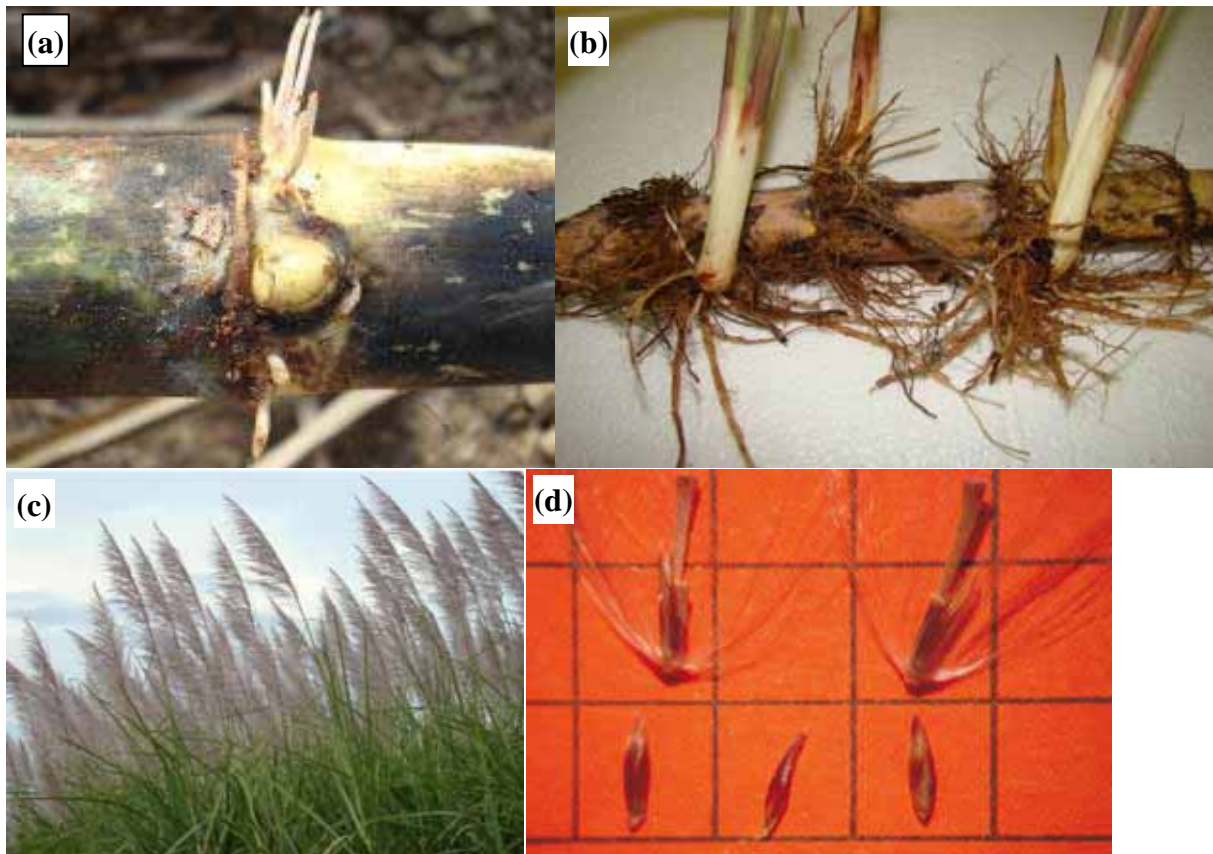


Figura 1. Primórdios radiculares e gema (a), raízes em formação, rizoma e brotos (b), inflorescência/panícula (c) e sementes (d) da cana-de-açúcar.

2.3 Variedades

A utilização de variedades melhoradas geneticamente é um dos fatores capazes de proporcionar aumentos significativos na produtividade agroindustrial sem aumentar os custos de produção (ANDRADE, 2001). Esse é um dos fatores que fazem com que o Brasil possua vários programas de melhoramento genético, que disponibilizam, para o setor produtivo, as atuais e futuras cultivares de cana-de-açúcar. Entre eles, destacam-se: A Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro – RIDESA (variedades RB), a Cooperativa de Produtores de Cana-de-açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo – COPERSUCAR (variedades SP), o Instituto Agrônomo de Campinas (variedades IAC), o Centro de Tecnologia Canavieira (variedades CTC) e a Canavialis/Monsanto (variedades CV). Estes programas de melhoramento genético testam anualmente milhares de clones em diversos experimentos para lançar novas variedades (RAIZER e VENCOVSKY, 1999).

As principais características agronômicas que os melhoristas buscam nas novas cultivares de cana-de-açúcar são produtividade agroindustrial, longevidade, resistência às pragas e doenças e tolerância à seca. Contudo, para melhor conhecimento da fenologia das cultivares, é necessária a execução de trabalhos de monitoramento de alguns índices de cultivo como: perfilhamento, altura do dossel vegetativo, índice de área foliar e diâmetro do colmo. O perfilhamento está diretamente relacionado com a longevidade do canavial (MARASCA, 2014); a altura do dossel vegetativo e o diâmetro do colmo estão relacionados com a produtividade agrícola; já o índice de área foliar correlaciona-se com a absorção de radiação solar para a realização da fotossíntese, gerando energia e ganho de biomassa (produtividade agrícola), conforme Leme (1984) e Oliveira et al. (2007). Com isso, para a avaliação do comportamento de novos genótipos, são efetuados dois tipos de ensaios: o ensaio de produtividade e o ensaio de maturação (COPERSUCAR, 1981). No ensaio de produtividade, todas essas variáveis são mensuradas. Tais variáveis podem ser utilizadas para criação de modelos de simulação com o objetivo de descrever o crescimento e quantificar o rendimento agrícola em diversas condições ambientais.

Atualmente, a maior parte dos canaviais brasileiros são cultivados com variedades RB (58%), seguidas da SP (32%) e CTC (3%) (CONAB, 2011).

2.4 Brotação e perfilhamento da cultura

Existe confusão sobre as terminologias brotação, germinação, emergência, perfilhamento e estabelecimento da cultura de cana-de-açúcar (GASCHO e SHIH, 1983). Segundo Cesnik (2004), germinação é o processo em que ocorre o (intumescimento) e o rompimento da cutícula que reveste a semente. Emergência é a saída da planta na superfície do solo e perfilhamento é o processo de emissão de colmos ou hastes por uma mesma planta, os quais recebem a denominação de perfilhos (SUGUITANI, 2006 e FELIPE, 2008). Em relação ao crescimento inicial da cultura no campo, as fases desta se dividem em brotação, enraizamento e emergência dos brotos, que normalmente ocorre de 20 a 30 dias após o plantio (DAP). Esta fase é importante porque uma boa brotação trará à área cultivada plantas vigorosas, que resultarão no final do ciclo em colheita compensadora (SILVA et al., 2003). Este processo de emissão de perfilhos se diferencia entre as espécies de *Saccharum* (STEVENSON, 1965). A cultura da cana-de-açúcar apresenta brotação e crescimento inicial lento (SUGUITANI e MATSUOKA, 1999), sendo mais intenso na medida em que as condições climáticas, temperatura e precipitação se tornam favoráveis. Esta é uma cultura que perfilha abundantemente na sua fase inicial (BARBIERI et al., 1981 apud CARVALHO, 2009).

O perfilhamento intenso é uma característica varietal desejável, beneficiando o manejo da cultura, a proteção do solo e a diminuição no controle das plantas invasoras (TOKESHI, 1986). Camara (1998) apud Carvalho (2009) afirma que a capacidade de perfilhamento da cana-de-açúcar é uma característica genética e inerente às cultivares (Figura 2).

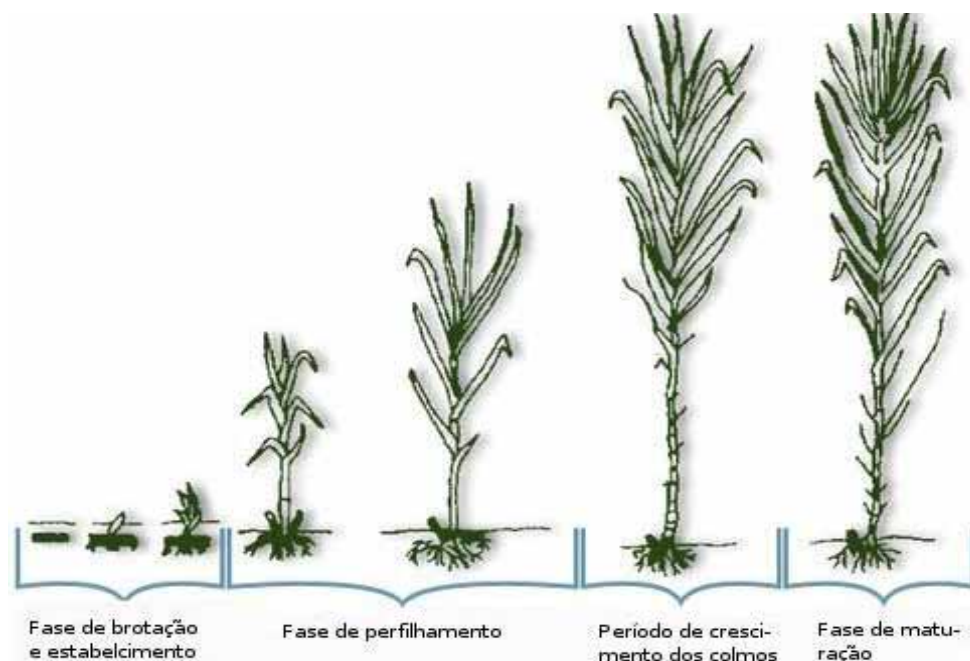


Figura 2. Fases de desenvolvimento da cana-de-açúcar (GASCHO e SHIH, 1983).

2.5 Variáveis agrometeorológicas

2.5.1 Temperatura do ar

A germinação é influenciada por fatores intrínsecos (variedade, idade e sanidade da muda) além dos fatores externos como pragas, doenças, temperatura e teor de água do solo. Cesnik (2004) e Segato et al. (2004) afirmam que, se os fatores relacionados ao manejo da cultura, como nutrição das mudas, intervalo de tempo entre corte e plantio, ficam fora da faixa apropriada, tem-se como resultado a não brotação da planta ou socaria. A temperatura do ar é um fator ambiental que influencia o crescimento e a produtividade agrícola das plantas, sendo que a faixa ideal de temperatura para a emergência das gemas de cana-de-açúcar situa-se entre 27 e 32 °C; acima de 45 °C e abaixo de 5 °C tem efeito prejudicial, diminuindo o tamanho e o surgimento de novas folhas, bem como o aumento da abscisão foliar (FARIAS et al., 2008), causando a redução de crescimento e produtividade. Os

valores de 20 a 30 °C são tidos como limites superior e inferior de tolerância da cultura. De acordo com Barbieri (1981), a brotação é ótima a 32 °C e paralisa quando é inferior a 20 °C.

Para Farias et al. (2008), a temperatura tem muita influência sobre a área foliar, chegando ao ponto das folhas jovens terem a capacidade de se enrolar para reduzir a área exposta e, conseqüentemente, a incidência da radiação solar. Conforme Inman-Bamber e Smith (2005), devido à influência da temperatura no crescimento, desenvolvimento e produtividade das plantas, foi criado um sistema de unidades térmicas (ou de calor) denominado graus-dia (GD).

O objetivo do somatório das unidades térmicas ao longo do tempo é correlacioná-la com o desenvolvimento do vegetal (FERREIRA JUNIOR, 2013), sendo assim, pode-se dizer que, para a cultura passar de uma fase para outra, esta precisa de certa quantia de graus acumulados. Nesse contexto, pode-se colocar uma temperatura máxima, uma temperatura mínima e uma temperatura de referência ou base limite para o desenvolvimento. A temperatura basal é justamente essa temperatura base de referência, ou seja, quando o ambiente de cultivo chega naquela temperatura a planta tem condições para continuar com o crescimento e desenvolvimento, a temperatura basal de desenvolvimento de uma mesma planta pode ser diferente dependendo da parte vegetativa a qual o autor está trabalhando (LIU et al., 1999). A explicação para essa variação é que as diferentes partes da planta necessitam de somas de temperatura diferentes, porém em geral é utilizado o número de folhas, mas existem também outros métodos como altura do colmo, desenvolvimento do dossel entre outros (MARTINS et al., 2012). Carvalho (2009) utiliza a temperatura basal para cana-de-açúcar de 20 °C; Smith; Singels (2006) e Sinclair et al. (2004) seguem temperatura base de 10 °C; Ferreira Junior (2010) e Inman-Bamber (1993) usam 16 °C, sendo esta utilizada para o número de perfilhos.

2.5.2 Necessidades hídricas da cana-de-açúcar

A cultura da cana-de-açúcar pode ser cultivada em regiões com precipitação pluvial acima de 1000 mm bem distribuídos (BISWAS, 1988). Nas condições de Brasil, essa realidade não muda, já que a mesma é produzida em áreas com precipitação de 1100 a 1500 mm (ALFONSI et al., 1987). Uma grande limitação para o desenvolvimento da

cana-de-açúcar na zona canavieira nordestina, com disponibilidade hídrica para suprir a necessidade hídrica, é a irregularidade das chuvas, uma vez que de 70 a 80% delas se concentram entre os meses de abril e agosto, de modo que, de setembro a março, ocorre déficit hídrico (SOUZA et al., 2004). A distribuição irregular de água proporciona efeito prejudicial às plantas, especialmente durante a brotação e o perfilhamento (FELIPE, 2008). Dessa forma, é preciso adequar épocas de plantio com períodos chuvosos para que a cultura não sofra estresse hídrico.

Assim sendo, a produtividade, o crescimento, a assimilação de CO_2 e a abertura estomática das plantas cultivadas sofrem alterações devido ao déficit hídrico, sendo este o principal fator causador da variação anual da produtividade da cultura da cana-de-açúcar (TERAMOTO, 2003), haja vista que os parâmetros fisiológicos, como a expansão foliar, a condução estomática, a captura e dissipação de energia e fotossíntese são alterados (TAIZ & ZEIGER, 2004). Isso se deve ao fato de que a condição hídrica da cultura está direta ou indiretamente associada a quase todos os processos fisiológicos das plantas (KRAMER e BOYER, 1995). Vários trabalhos evidenciam expressiva variação genotípica na resposta da cultura da cana-de-açúcar ao estresse hídrico (INMAN-BAMBER e SMITH, 2005). Um dos métodos utilizados para analisar as características hídricas naturais das regiões climáticas é o balanço hídrico climatológico.

2.5.3 Balanço hídrico

O devido suprimento hídrico a ser fornecido para as culturas agrícolas podem ser determinadas por meio do estudo do balanço hídrico, sendo este uma forma de contabilizar a entrada e a saída de água, nas diversas fases de desenvolvimento da cultura, e avaliar o excesso ou déficit hídrico para saber quando e quanto irrigar. Para tanto, é necessário saber qual a evapotranspiração da cultura (E_{Tc}), que pode ser feita multiplicando-se a evapotranspiração de referência (E_{To}) pelo coeficiente de cultivo (K_c).

A E_{To} pode ser definida como a quantidade de água evapotranspirada na unidade de tempo, por uma vegetação rasteira, de altura uniforme, em crescimento ativo, cobrindo completamente o solo e sem limitação de água. Os métodos de estimativa da E_{To} estão divididos em métodos diretos e indiretos.

Os meios diretos para saber se a evapotranspiração da cultura é de difícil utilização, a comunidade científica passou a pesquisar métodos indiretos para quantificar a transferência de vapor de água para a atmosfera. Tais métodos estão divididos em: método aerodinâmico, método do balanço energético, métodos combinados e métodos das flutuações (VAREJÃO-SILVA, 2006). Dentre os meios de estimativa da evapotranspiração diária das culturas, a FAO adotou como padrão o de Penman-Monteith Allen et al., 1995, entretanto, uma das dificuldades encontradas pelos pesquisadores para utilizar esse método é a quantidade de dados que o mesmo exige.

O K_c pode ser definido como um coeficiente de ajuste da diferença entre a evapotranspiração da grama padrão (ET_o) e a ET_c estudada, que representa a integração de três características que distinguem a evapotranspiração da cultura da de referência: a altura da cultura, a resistência de superfície relativa ao binômio cultura-solo e o albedo da superfície cultura-solo (Pereira et al., 1997). O K_c pode ser representado graficamente como uma curva (Figura 3), onde é caracterizado o desenvolvimento da cultura desde a semeadura ou plantio até a colheita, e este é dividido em quatro períodos distintos, de acordo com a fase fonológica: período inicial, período de crescimento rápido, período intermediário e período final.

Os valores tabelados de K_c inicial, K_c médio e K_c final, para a cultura da cana-de-açúcar, estão apresentados na Tabela 2.

Definido qual a ET_c , o balanço hídrico para a cultura pode ser feito. Thornthwaite e Mather (1977) apud Marchiori (2004) publicaram um método climatológico bastante usado e difundido pelo mundo, que possibilita estimar a evapotranspiração real, o excedente e a deficiência hídrica. O conhecimento deste balanço permite a determinação das melhores épocas de plantio ou cultivo das culturas agrícolas, de acordo com as características de cada região climática.

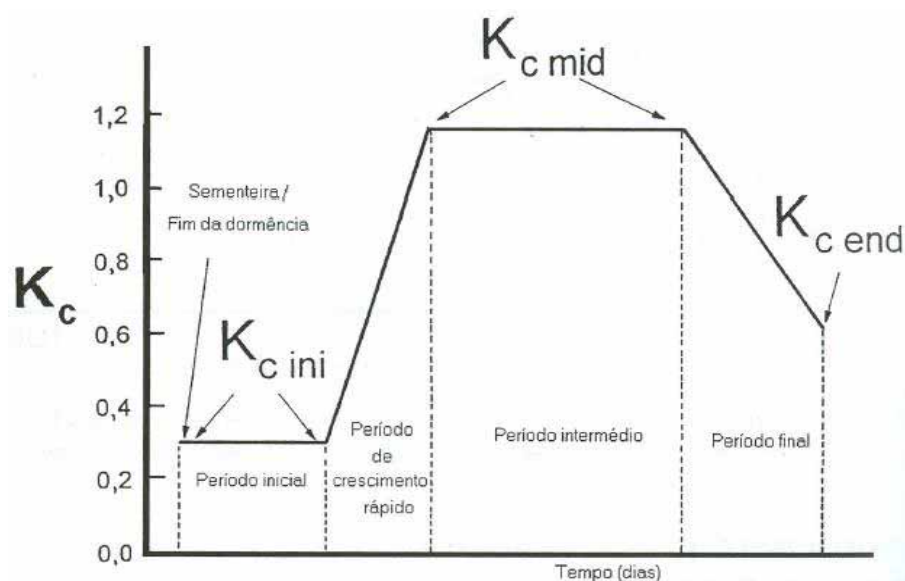


Figura 3. Curva dos coeficientes de culturais médios e definição dos períodos vegetativos (Segundo Allen et al., 1998).

No desenvolvimento do balanço hídrico, o solo é tratado como um reservatório onde haverá três tipos distintos de água: água gravitacional, água disponível e água inativa. A água gravitacional é aquela que se encontra com resultados superiores à capacidade de campo; a água disponível é aquela que está entre a capacidade de campo e o ponto de murchamento, sendo utilizada para fins de cálculo; e a água inativa que se encontra com valores de umidade inferior à umidade de murchamento da cultura (DAKER 1984). Esse é o princípio do cálculo da capacidade de água disponível (CAD) que é apresentado na Equação 9. Dessa forma, o solo retém determinada quantidade de água via precipitação pluvial ou irrigação, essa água é perdida por percolação, escoamento superficial, evaporação e transpiração da cultura (Figura 4).

O solo é um reservatório onde se retém determinada quantidade de água, entretanto, este não é um reservatório passivo, uma vez que quanto menos água no reservatório mais esta fica fortemente retida no solo (PEREIRA et al., 1997). Devido a essa retenção, os cálculos do balanço hídrico vão além de somas e subtrações, possuindo, assim, um negativo acumulado (NEG ACUM), um armazenamento de água no solo (ARM), uma alteração de água no solo (ALT) uma evapotranspiração real (ETR), um déficit hídrico (DEF) e um excesso hídrico (EXC).

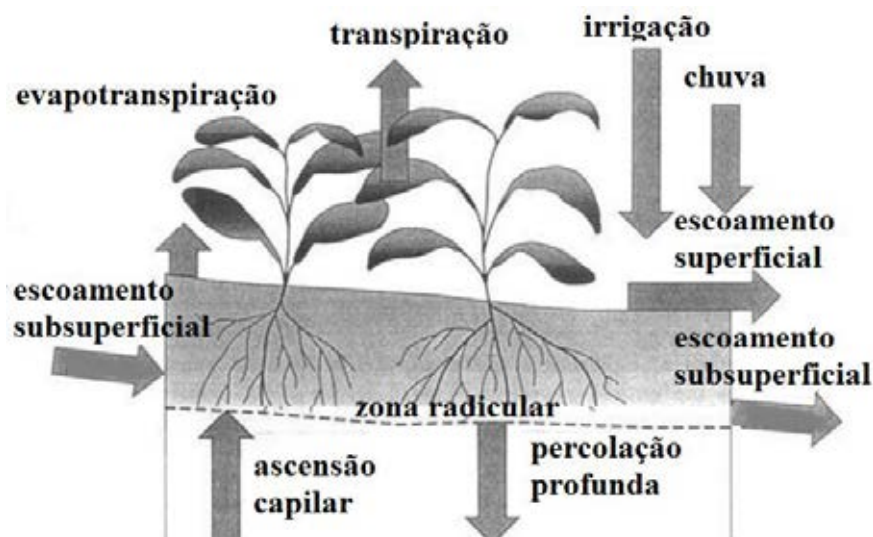


Figura 4. Balanço da água no solo na zona radicular (adaptado de Allen et al., 1998).

2.6 Produtividade agroindustrial

Nas unidades produtoras de cana-de-açúcar, a gestão da produtividade agrícola (fomento agrícola) é responsabilidade do gerente agrícola que tem a função de garantir matéria-prima para a indústria, exigindo, assim, planejamento de plantio, planejamento varietal e planejamento de colheita. Para o gerente agrícola, a produtividade agroindustrial tem maior importância e alguns parâmetros, como a altura, o diâmetro do colmo e o perfilhamento, são considerados relevantes para a produtividade.

O clima influencia a produtividade dos cultivos agrícolas, Sentelhas e Monteiro (2009), vendo essa interferência do clima na produtividade dos cultivos agrícolas, dividiram as informações agrometeorológicas em três graus, sendo o primeiro grau o de informações mais simples como o balanço hídrico; já o segundo grau é produzido a partir de dados meteorológicos e parâmetros específicos da cultura; e o terceiro grau são as informações que indicam o melhor manejo para o estado fenológico da cultura. Com essas informações é feito o planejamento agrícola e este se torna de suma importância para a produção da matéria-prima, vindo a ser a diferença entre ganhar ou perder (produtividade e dinheiro) (SETAGO et al., 2007).

O maior fator limitante para a produtividade agrônômica da cana-de-açúcar no Nordeste Brasileiro é a má distribuição da precipitação pluvial (TEODORO et al., 2009). Essa má distribuição na região de Rio Largo-AL é comprovada com trabalhos como os de Souza et al. (2004), que viram, na região, um excedente hídrico entre os meses de abril e agosto, e um déficit entre os meses de setembro e março. Uma das formas de mitigar essa redução de produtividade é por meio do incremento de irrigação.

Dalri (2004), trabalhando com irrigação por gotejo em cana-de-açúcar na região de Botucatu-SP, obteve incrementos de até 58% na produtividade agrícola em comparação com aquela de sequeiro e Gava et al. (2010), com três cultivares na região de Jaú-SP, obtiveram incremento de 19% e 28% em cana-planta e cana-soca, respectivamente. Esses resultados não são diferentes dos encontrados na região de Rio Largo, visto que Almeida et al. (2008), em experimento irrigado com a variedade RB92579, observaram produtividade de 167 e 136t ha⁻¹. Teodoro et al. (2009), em um experimento de sequeiro, observaram que a cultivar RB92579 também foi a que mais produziu, com 103 t ha⁻¹ em cana-planta. Sampaio Neto (2010), em cana-soca com a mesma variedade e na mesma região, observou produtividade de 101 t ha⁻¹.

Em geral, a literatura mostra produtividades agrícolas para cana-de-açúcar em regime de sequeiro na ordem de 50 a 120 t ha⁻¹, ao mesmo tempo indica que, para boa parte das usinas produtoras de cana-de-açúcar, a produtividade mínima aceitável é 50 t ha⁻¹, ou seja, para as unidades produtoras abaixo desta produtividade, o canavial deve ser renovado.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e condução do experimento

O trabalho foi conduzido na área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA/UFAL), localizada no Município de Rio Largo – AL (09°28'02"S; 35°49'43"W; 127m). O solo classificado conforme Carvalho (2003), como Latossolo Amarelo Coeso Argissólico, de textura média argilosa. As características hidrofísicas são: teor de água na capacidade de campo de 0,2445 m³ m⁻³, teor de água no ponto de murcha permanente de 0,1475 m³ m⁻³ e velocidade de infiltração básica de 52 mm h⁻¹.

Antes do plantio, amostras de solo foram retiradas para análise de fertilidade, cujos resultados são apresentados na Tabela 1. Com base nos resultados, foi feita calagem com 2 t ha⁻¹ de calcário dolomítico e, com relação à adubação, foi feita apenas a de fundação no momento do plantio, aplicando-se 800 kg ha⁻¹ da fórmula 10-20-20, correspondendo a 80 kg ha⁻¹ de N, 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 160 kg ha⁻¹ de K₂O.

O plantio foi realizado no dia 25 de agosto de 2011, a colheita do primeiro ciclo da cultura foi realizada no dia 26 de novembro de 2012 e a colheita do segundo ciclo foi realizada no dia 9 de dezembro de 2013.

Tabela 1. Resultados da análise química do solo da área experimental, nas camadas de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm.

Determinações	Camadas		Determinações	Camadas	
	0-20 cm	20-40 cm		0-20 cm	20-40 cm
pH em água	5,6	5,2	T (mmlo _c dm ⁻³)	77,7	59,1
Fósforo (mg dm ⁻³)	2	2	V (%)	35,6	27,2
Potássio (mg dm ⁻³)	37	16	M (%)	0,7	8,5
Ca + Mg (mmlo _c dm ⁻³)	26	15	M. O. (g kg ⁻¹)	18,9	10,7
Ca (mmlo _c dm ⁻³)	16	8	Ferro (mg dm ⁻³)	167,4	227,5
Mg (mmlo _c dm ⁻³)	10	7	Cobre (mg dm ⁻³)	0,86	0,73
Al (mmlo _c dm ⁻³)	5,2	7,7	Zinco (mg dm ⁻³)	1,14	0,53
H + Al (mmlo _c dm ⁻³)	50	43	Manganês (mg dm ⁻³)	4,58	3,29
SB (Soma de bases)	27,7	16,1			

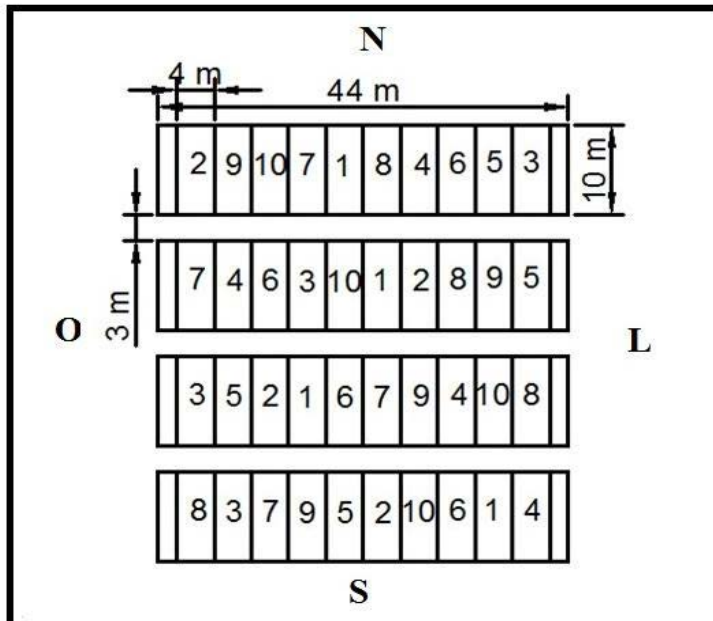
O controle das plantas invasoras foi realizado pela capina, três vezes ao longo de cada ciclo, de acordo com a necessidade.

3.2 Delineamento experimental e variáveis avaliadas

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições num esquema fatorial 10 x 2, sendo os tratamentos 10 genótipos (os quais 3 são variedades, RB92579, RB99395 e RB98710, e sete clones, RB91514, RB961003, RB991552, RB991536, RB99383, RB9364 e RB99386) e 2 ciclos de produção (cana-planta e cana-soca). As parcelas consistiram de quatro linhas com 10 m de comprimento, num espaçamento de 1,0 m entre linha e densidade de plantio de 16 gemas por metro. Um croqui do experimento pode ser visto na Figura 5.

Foram avaliadas variáveis agrícolas e variáveis industriais. As variáveis agrícolas foram: 1) Perfilhamento; 2) IAF – índice de área foliar; 3) Altura do dossel da cultura; 4) Diâmetro do colmo; 5) Produção em toneladas de colmos por hectare (TCH). As

variáveis industriais foram: 1) POL – teor de sacarose aparente na cana; 2) Brix – percentagem (em peso) de sólidos solúveis no caldo; 3) Porcentagem de Fibra; 4) ATR – açúcares redutores totais (sacarose, glicose e frutose); 5) AR – açúcares redutores (glicose e frutose); 6) TAH – toneladas de açúcar por hectare.



1=RB92579 2=RB91514 3=RB961003 4=RB99395 5=RB98710
6=RB991552 7=RB991536 8=RB99383 9=RB9364 10=RB99386

Figura 5. Croqui do experimento de cana-de-açúcar.

As variáveis agrícolas 1, 2, 3 e 4 foram medidas mensalmente em quatro plantas marcadas em cada parcela.

A contagem de perfilhamento foi feita com base nos perfilhos médios na linha central da parcela em 5 m.

O IAF foi calculado pela equação:

$$IAF = \frac{AF \cdot NP}{e} \dots\dots\dots(1)$$

Em que:

AF – área foliar em m²;

NP – número de perfilhos por metro;

e– espaçamento (m) médio entre linhas.

A área foliar foi calculada seguindo a metodologia de Hermann e Câmara (1999), conforme a equação:

$$AF = C L 0,75 (N + 2) \dots\dots\dots(2)$$

Em que:

C – comprimento da “folha +3” (m);

L – largura da “folha +3” (m);

0,75 – fator de correção de forma das folhas de cana-de-açúcar;

N – número de folhas totalmente expandidas.

A altura do dossel foi medida utilizando-se uma régua graduada de 5 m a partir dos 60 dias, juntamente com o diâmetro do colmo, que foi medido utilizando-se um paquímetro e medido o último colmo totalmente emergido na posição central do mesmo (colmo mais próximo do solo).

A produtividade agrícola foi feita utilizando-se uma célula de carga da marca Líder modelo LD1050. Foram pesados os colmos colhidos nas duas linhas centrais de cada parcela.

As variáveis industriais foram avaliadas por meio de análise química de cinco colmos por parcela no laboratório da Usina Santa Clotilde, localizada no município de Rio Largo (AL).

Para a análise industrial os colmos foram desintegrados em partículas pequenas sem extrair o caldo, no qual o material resultante é homogeneizado e é retirada uma amostra de aproximadamente 1,0 kg ao acaso. Esse material é prensado por 1 minuto a 250 kg cm⁻², extraindo o caldo e levado para a determinação da Pol e do Brix. O material que fica é pesado para obter o peso do bolo úmido (PBU) e, após isso, é levado à estufa na temperatura de 65 °C até peso constante onde é obtido o peso de bolo seco (PBS).

i) Pol – corresponde à leitura Sacarimétrica;

ii) Brix – caracterizado pela leitura no refratômetro com corretor de temperatura e apresenta o grau de maturação do material;

iii) Fibra – reflete na eficiência da extração da moenda, ou seja, quanto mais alta a fibra da cana, menor será a eficiência de extração e esta é avaliada com base na equação 3;

$$\text{Fibra} = \frac{100 \cdot \text{PBS} - \text{PBU} \cdot \text{Brix}}{5 \cdot (100 - \text{Brix})} \dots\dots\dots(3)$$

Em que:

PBS – Peso do bolo seco (kg);

PBU – Peso do bolo úmido (kg);

Brix – Brix do caldo extraído.

iv) ATR – indicador que representa a quantidade total de açúcares da cana (sacarose, glicose e frutose);

v) AR – indica a quantidade de glicose e de frutose presentes na cana, que afetam diretamente a sua pureza, refletindo uma menor eficiência na recuperação da sacarose pela fábrica.

Os valores de produção de açúcar por hectare (TAH) foram calculados com base na equação:

$$\text{Produtividade de açúcar} = \frac{(\text{ATR TCH})}{1000} \dots\dots\dots(4)$$

Em que:

ATR – açúcares totais recuperáveis (kg t⁻¹);

TCH – toneladas de colmo por hectare.

3.3 Variáveis agrometeorológicas

As variáveis agrometeorológicas, precipitação pluvial (P), temperatura máxima (Tmax) temperatura média (Tmed), temperatura mínima (Tmin) e evapotranspiração de referência (ETo), estimada pela equação de Allen et al., 1998, foram obtidas com base nos dados de uma estação agrometeorológica localizada a 300 m do experimento (Figura 6), sendo a mesma mantida pelo Laboratório de Agrometeorologia e Radiometria Solar (LARAS).



Figura 6. Estação Agrometeorológica do Laboratório de Agrometeorologia e Radiometria Solar (LARAS), no Centro de Ciências Agrárias – Rio Largo (AL).

A E_{Tc} foi calculada multiplicando-se a E_{To} pelo K_c (coeficiente de cultura), cujos valores estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores do coeficiente cultural (K_c) para cana-de-açúcar.

IDADE DA PLANTA (Meses)		PERÍODOS DE DESENVOLVIMENTO	COEFICIENTE DE CULTURA (K_c)		
Cana-planta/Cana-soca			Mín.	Máx.	Médio
0 – 2	0 – 1	Do plantio até 25% de cobertura	0,40	0,60	0,50
2 – 3	1 – 2	De 25% a 50% de cobertura	0,75	0,85	0,80
3 – 4	2 – 3	De 50% a 75% de cobertura	0,90	1,00	0,95
4 – 7	3 – 4	De 75% a cobertura completa	1,00	1,20	1,10
7 – 14	4 – 9	Utilização Máxima	1,05	1,30	1,20
14 – 16	9 – 10	Início da maturação	0,80	1,05	0,95
16 – 18	10 – 12	Maturação	0,60	0,75	0,70

Fonte: Allen et al., (1998).

Os graus-dia foram calculados de acordo com Liu et al., (1998), sendo os mesmos aplicados nos cálculos dos perfis considerando os valores da temperatura média

do ar, da temperatura-base e das temperaturas ótima, sub ótima e supra ótima, para a cana-de-açúcar, conforme as seguintes considerações:

$$GD_t = \sum_{j=1}^n GD_j \dots\dots\dots(5)$$

Em que:

GD_t – graus-dia totais para completar o ciclo ou período considerado (°C d);

GD_j – graus-dia para cada j dia (°C d).

$$GD_j = GDg_j - GDa_j - Tb \dots\dots\dots(6)$$

Em que:

GD_{g_j} – graus-dia nas condições de temperaturas subótimas, para cada j dia (°C);

GDa_j – efeito adverso da alta temperatura no desenvolvimento da cultura, no dia j considerado (°C);

Tb – temperatura-base (16°C), que foi baseada em pesquisas de Bachi e Souza (1978) e Liu et al. (1998), na fase de alongamento dos colmos (fase de maior tempo de duração).

$$GDg_j = \begin{cases} \frac{T \min_j + T \max_j}{2}, & Tb \leq T \min_j \\ \frac{T \min_j + T \max_j}{2} + \frac{(Tb - T \min_j)^2}{2(T \max_j - T \min_j)}, & T \min_j < Tb < T \max_j \\ Tb, & Tb \geq T \max_j \end{cases} \dots\dots\dots(7)$$

Em que:

Tmin_j – temperatura mínima do ar do j-ésimo dia (°C);

Tmax_j – temperatura máxima do ar do j-ésimo dia (°C).

$$GDa_j = \begin{cases} 0, & T_{\max_j} < T_o \\ \frac{(T_s - T_b)(T_{\max_j} - T_o)^2}{2(T_s - t_o)(T_{\max_j} - T_{\min_j})}, & T_o > T_{\min_j}, \quad T_{\max_j} < T_s \\ \frac{T_{\max_j}(T_{\max_j} - 2T_b) - T_o(T_s - T_b) + T_s T_b}{2(T_s - T_o)}, & T_o > T_{\min_j}, \quad T_{\max_j} \geq T_s \\ \frac{(T_s - T_b)(T_{\max_j} + T_{\min_j} - 2T_o)}{2(T_{\max_j} - T_{\min_j})}, & T_o \leq T_{\min_j} < T_s, \quad T_{\max_j} < T_s \\ \frac{T_{\max_j} + T_{\min_j}}{2} - T_b - \frac{(T_o - T_b)(T_s - T_{\min_j})^2}{2(T_s - T_o)(T_{\max_j} - T_{\min_j})}, & T_o \leq T_{\min_j} < T_s, \quad T_{\max_j} \geq T_s \\ \frac{T_{\max_j} + T_{\min_j}}{2} - T_b, & T_{\min_j} > T_s \end{cases} \dots\dots\dots(8)$$

Em que:

T_s – temperatura de saturação (40 °C);

T_o – temperatura ótima para o desenvolvimento da cana (30 °C).

3.4 Balanço Hídrico

O balanço hídrico foi calculado em escala decendial pelo método de Thornthwaite e Mather (1975), considerando-se, como entrada de água no sistema, a precipitação pluvial (P) e saída, a evapotranspiração da cultura (ETc), que foi calculada com multiplicando-se a evapotranspiração da cultura (ETo) pelo coeficiente de cultivo (Kc). A capacidade de água disponível (CAD), ou armazenamento máximo de água no solo (ARM), é de 60 mm (litro m⁻²), sendo a mesma calculada pela Equação 9, na profundidade do sistema radicular efetivo do canavial (0-60 cm), em que são contemplados 87,5% do total das raízes (FARIAS, 2008).

$$CAD = (\theta_{CC} - \theta_{PMP}) h \dots\dots\dots(9)$$

Em que:

θ_{CC} – teor de água médio do solo na capacidade de campo, em m³ m⁻³;

θ_{PMP} – teor de água médio do solo no ponto de murcha permanente, em m³ m⁻³;

h – profundidade do perfil (mm).

O plantio foi realizado durante os meses chuvosos, o que garantiu o início da sequência do balanço hídrico com pleno armazenamento de água no solo (ARM=EXC).

O preenchimento das primeiras colunas do balanço hídrico baseia-se em roteiros simples, subtraindo-se a primeira coluna precipitação pluvial P pela segunda coluna evapotranspiração da cultura (ETc), obtendo-se o resultado da terceira coluna (P-ETc).

As colunas NEG ACUM e ARM são preenchidas simultaneamente visto que o NEG ACUM é a soma de todas as demandas de água para a evapotranspiração que, no caso, foram retiradas do solo via evapotranspiração Sentelhas e (Equação 10) e o armazenamento (ARM) e a quantidade de água que sobrou ou ficou ainda armazenada no solo (Equação 11), este armazenamento vai de zero até a capacidade de água disponível que é apresentada na Equação 9.

$$\text{NEG ACUM} = \text{CAD} \ln(\text{ARM}/\text{CAD}) \dots \dots \dots (10)$$

$$\text{ARM} = \text{CAD}^{(\text{NEG ACUM}/\text{CAD})} \dots \dots \dots (11)$$

A coluna de ALT é positiva quando o solo ganha água (irrigação ou chuva) e negativa quando perde. Esta coluna representa a alteração no armazenamento de água no solo (ARM)

A coluna da evapotranspiração real (ETR) tem como critério o fato de que, quando a precipitação pluvial foi maior que a evapotranspiração, a cultura recebe mais água do que perdeu, então, a evapotranspiração real é a própria evapotranspiração da cultura, isto é, foi disponibilizada água suficiente para o desenvolvimento da cultura em condições ótimas. Porém, se a precipitação pluvial menos a evapotranspiração da cultura for negativa, a ETR vai ser a precipitação pluvial mais o módulo da alteração de água no solo (ALT), ou seja:

$$1) \text{ ETR} = \text{ETP} \text{ quando } P - \text{Etc} > 0$$

$$2) \text{ ETR} = P + |\text{ALT}| \text{ quando } \text{ALT} < 0$$

A deficiência hídrica (DEF) é a água que a cultura perde e o Excesso hídrico (EXC) é a água que cultura ganha, então são ambos positivos. Entretanto, os mesmos

são opostos quando um for maior que 0 (zero), o outro vai ser 0 (zero), ou seja, não pode haver déficit e excesso ao mesmo tempo, porém também não vai haver resultado negativo. A deficiência é caracterizada quando a precipitação pluvial for menor que a evapotranspiração da cultura. Nesse sentido, a evapotranspiração da cultura menos a evapotranspiração real, quando for o contrário, a resposta é 0 (zero) e, com relação ao excesso, quando a precipitação pluvial menos a evapotranspiração da cultura for maior que 0 (zero), o excesso vai ser a própria precipitação menos a evapotranspiração da cultura menos a alteração da água no solo (ALT).

Sendo assim:

Para DEF:

$$DEF = ET_c - ETR$$

Para EXC:

$$1) EXC = 0 \text{ quando } ARM < CAD$$

$$2) EXC = (P - ET_c) - ALT \text{ quando } ARM = CAD$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos e discutidos neste trabalho estão agrupados em cinco subitens: 1) Variáveis agrometeorológicas; 2) Balanço hídrico e desenvolvimento da cultura; 3) Variáveis agrícolas de desenvolvimento; 4) Produtividade agrícola; 5) Variáveis industriais.

4.1 Variáveis agrometeorológicas

As variáveis agrometeorológicas analisadas foram a precipitação pluvial (P), evapotranspiração de referência (ET_o) e as temperaturas do ar máximas (T_{max}), médias (T_{med}) e mínimas (T_{min}). Com base na precipitação pluvial durante o primeiro ciclo de produção (cana-planta), foram identificados dois períodos secos e quatro chuvosos e, no segundo ciclo (cana-soca), houve quatro períodos secos e dois chuvosos (Figura 7).

A precipitação pluvial durante o primeiro ciclo (25 de agosto de 2011 a 26 de novembro de 2012 - 459 dias) foi 1291 mm, média de 2,8 mm dia⁻¹. Esse valor de chuva

está abaixo da normal climatológica da região que, segundo Souza et al. (2004), é de 1805 mm, e esta ficou abaixo da ETo que foi 1981 mm (média de 4,3 mm dia⁻¹). A temperatura variou entre 31,8 e 18,8 °C com média de 25,1 °C.

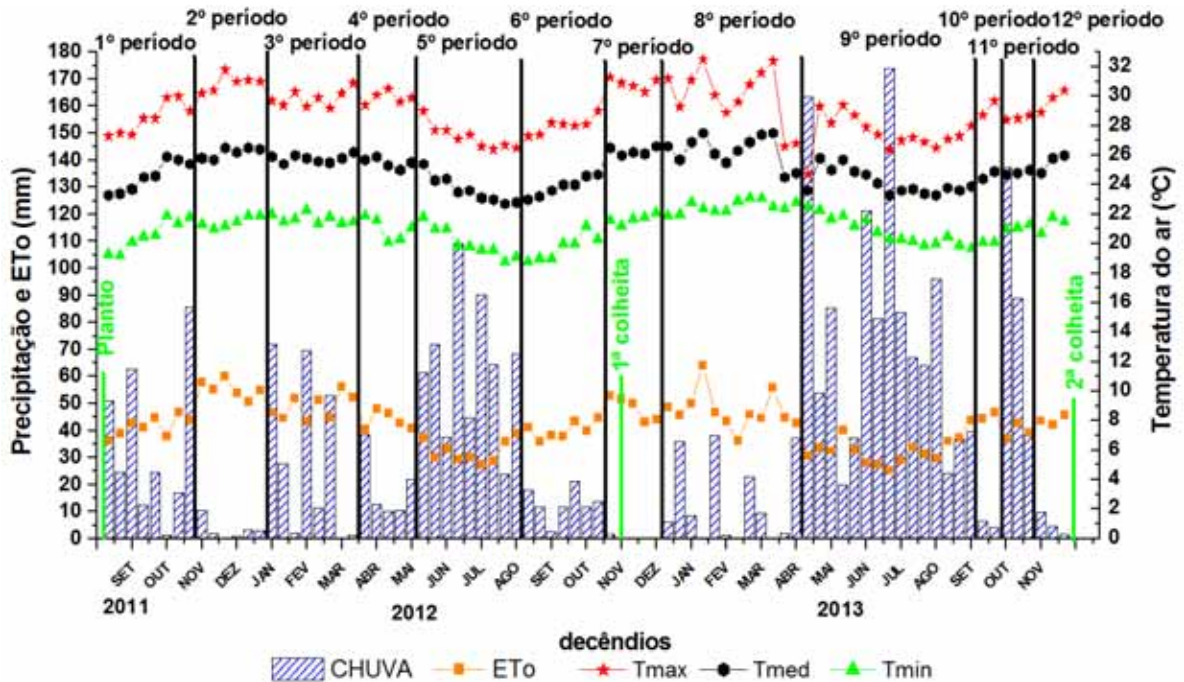


Figura 7. Precipitação pluvial (chuva), Evapotranspiração de referência (ETo), Temperatura máxima (Tmax), temperatura média (Tmed) e temperatura mínima (Tmin) em decêndios durante os dois ciclos de cultivo da cultura na região de Rio Largo-AL, nas safras 2011/2012 e 2012/2013.

No primeiro período, que foi o do plantio (25 de agosto de 2011) até o 1º decêndio de novembro de 2011 (80 dias), a precipitação pluvial foi de 279 mm, com média de 3,5 mm dia⁻¹, sendo esta inferior à evapotranspiração de referência (ETo) que foi de 332 mm, com média de 4,2 mm dia⁻¹. A temperatura máxima do ar durante esse período foi 30 °C, a mínima 20,6 °C e a média de 24,6 °C. Nesse período, o valor esteve próximo ao valor da normal climatológica da precipitação que é de 261 mm (Tabela 3).

O segundo, terceiro e quarto períodos, que foram do 2º decêndio de novembro de 2011 ao 2º decêndio de maio de 2012, tiveram duração total de (220 dias), chovendo 350 mm (média de 1,6 mm dia⁻¹). Entretanto, pela normal climatológica (Tabela 3),

era para ter chovido mais que o dobro (798 mm). Devido a essa baixa precipitação pluvial e à ausência de nebulosidade, a ETo e as temperaturas se elevaram de modo que a ETo somou 942 mm, média de 4,3 mm dia⁻¹, a temperatura máxima chegou a 31,8°C, a mínima a 20,1 °C e a média foi 25,8 °C. Essa diferença negativa de 592 mm da chuva em relação à ETo aliada às altas temperaturas prejudicaram o crescimento e o desenvolvimento da cana-de-açúcar.

Tabela 3. Normal climatológica da precipitação pluvial (média decendial) no Tabuleiro Costeiro de Maceió (AL).

Decêndios	MESES											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1°	19	25	50	64	97	107	104	69	43	38	20	18
2°	15	27	55	73	91	101	109	50	31	15	13	8
3°	20	25	47	113	67	76	76	64	33	17	21	16
TOTAL	54	77	152	250	255	284	289	183	107	70	54	42

Fonte: Souza et al. (2004).

O quinto período foi o mais longo do primeiro ciclo de produção, com 90 dias (do 3° decêndio de maio ao 2° decêndio de agosto de 2012), tendo precipitação pluvial de 571 mm (média de 6,3 mm dia⁻¹) e ETo de 245 mm (média de 2,7 mm dia⁻¹). Esse foi o melhor período para a cultura em relação à disponibilidade hídrica. Também possibilitou baixar a temperatura que, variou entre 29 e 18,8 °C (média de 23,6 °C), sendo a menor temperatura durante os dois ciclos de cultivo.

O sexto, sétimo e oitavo períodos duraram 240 dias (indo do 3° decêndio de agosto de 2012 ao 2° decêndio de abril de 2013), com uma precipitação de 254 mm, o que representa uma média de 1,0 mm dia⁻¹, sendo esta mais de três vezes inferior à normal climatológica (757 mm). A ETo acumulada foi 1091 mm, com média de 4,5 mm dia⁻¹, e a temperatura variou entre 32,5 e 18,8 °C, com média de 25,6 °C. Durante o sétimo período, ocorreu a primeira colheita, sendo que a precipitação baixa nos dez dias anteriores favoreceu a maturação da cana-de-açúcar, uma vez que a elevação da temperatura, seca moderada e alto teor de nitrogênio no solo influenciam positivamente o processo de amadurecimento da cana-de-açúcar (AZEVEDO, 1981). Os outros 40 dias de seca após a colheita foram prejudiciais às

plantas, uma vez que a fase de brotação e estabelecimento da cultura é a fase mais sensível, com duração de 60 dias (ALMEIDA, 2006).

A precipitação pluvial durante os 378 dias do segundo ciclo (de 27 de novembro de 2012 a 09 de dezembro de 2013) foi 1602 mm (média de 4,2 mm dia⁻¹). Assim como no primeiro ciclo, a precipitação pluvial ficou abaixo da ETo que foi 1644 mm (média de 4,3 mm dia⁻¹) e a temperatura variou entre 32,5 e 19,7 °C, com média de 25,2 °C. Nesse ciclo de produção, também foram observados seis períodos com diferentes precipitações pluviais, sendo quatro secos e dois chuvosos.

O nono, décimo e décimo primeiro período do segundo ciclo teve duração total de 200 dias (do 3º decêndio de abril de 2013 até o 1º decêndio de novembro de 2013), havendo precipitação pluvial acumulada de 1422 mm, o que representa uma média de 7,1 mm dia⁻¹. A ETo acumulada foi baixa, 702 mm, média de 3,5 mm dia⁻¹. A temperatura variou entre 29,7 e 19,7 °C com média de 24,3 °C. Nessa fase, a cultura foi favorecida pela disponibilidade hídrica.

O quinto período do segundo ciclo (décimo segundo) foi o último período (duração de 50 dias), tendo precipitação pluvial de apenas 27 mm (média de 0,5 mm dia⁻¹), ETo de 222 mm (média de 4,4 mm dia⁻¹) e a temperatura variou entre 30,8 e 20,7 °C, com média de 25,8 °C. Semelhantemente ao sétimo período a redução na precipitação ajudou na maturação da cultura.

4.2 Balanço hídrico e desenvolvimento da cultura

Pelo balanço hídrico é possível conhecer as necessidades hídricas da cultura e a disponibilidade de água no solo ao longo do tempo. Então, no período de 25 de agosto de 2011 a 26 de novembro de 2012, no cultivo de cana-planta na região de Rio Largo (AL), esteve sob excesso hídrico de 308 mm e déficit de 869 mm. No cultivo de cana-soca, que foi de 27 de novembro de 2012 a 09 de dezembro de 2013, o excedente hídrico foi maior, chegando a 790 mm, 61% superior ao de cana-planta e o déficit de 741 mm, 14% inferior ao de cana-planta (Figura 8).

No período de agosto a setembro de 2011 ocorreu um excedente hídrico de 62 mm e no 1º decêndio de novembro de 2011 houve outro pequeno excedente

hídrico de 43 mm, totalizando 105 mm, o que favoreceu a brotação e o estabelecimento da cultura na fase em que a mesma é mais sensível (ALMEIDA, 2006). De novembro de 2011 ao final de maio de 2012 foi contabilizada uma deficiência hídrica de 649 mm, caracterizando assim um período de estresse hídrico. Do início de junho de 2012 ao 2º decêndio de agosto de 2012 houve excesso hídrico de 203 mm. Do 3º decêndio de agosto de 2012 até abril de 2013, houve deficiência hídrica de 858 mm. A primeira colheita foi feita e, logo após a mesma, houve uma deficiência hídrica de 510 mm que prejudicou a brotação e emergência da socaria.

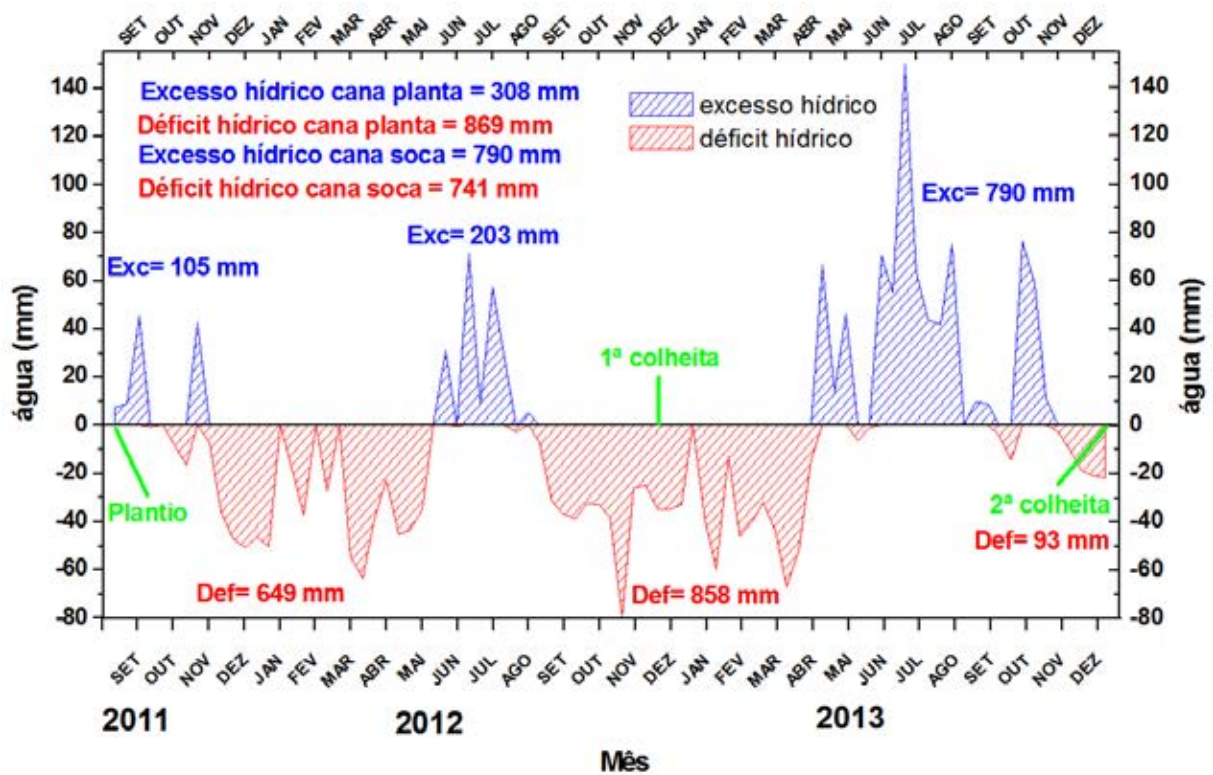


Figura 8. Balanço Hídrico da cultura da cana-de-açúcar durante os ciclos de cultivo na região de Rio Largo (AL) entre agosto de 2011 e dezembro de 2013.

O 3º decêndio de abril de 2013 a novembro de 2013 foi o período em que houve maior disponibilidade hídrica para a cultura da cana-de-açúcar, tendo um excedente hídrico de 790 mm. Do 2º decêndio de novembro até a segunda colheita, em 09 de dezembro de 2013, foi contabilizada uma deficiência hídrica de 75 mm que ajudou na maturação da cultura.

4.3 Variáveis agrícolas de desenvolvimento da cultura

4.3.1 Perfilamento

O perfilamento é uma variável importante para a cultura da cana-de-açúcar, pois os perfilhos serão os futuros colmos industrializáveis que, por sua vez, podem estar diretamente relacionados com a produtividade agrícola que é expressa em toneladas de colmo por hectare (TCH). As curvas de perfilamento no ciclo de cana-planta e cana-soca são apresentadas nas Figuras 9 e 10, respectivamente.

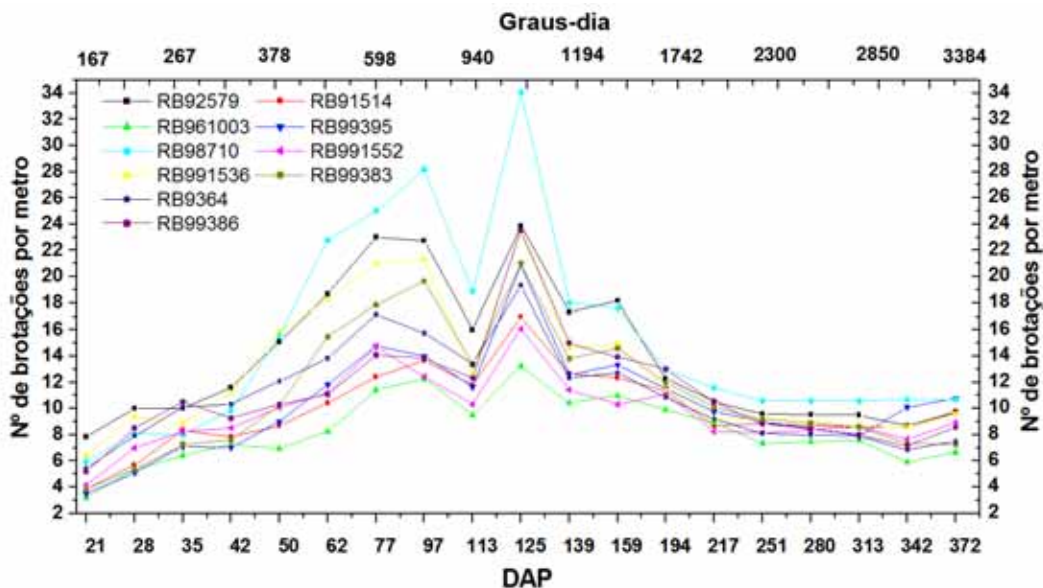


Figura 9. Perfilamento dos genótipos da cana-planta, correspondente aos meses de agosto de 2011 a novembro de 2012.

Conforme pode ser visto na Figura 9, a média de perfilamento dos dez genótipos aumentou entre a primeira avaliação (21 DAP), quando foram observados, em média, 4,9 perfilhos por metro, e a avaliação aos 125 DAP, quando ocorreu o pico de perfilamento, com média de 21 perfilhos por metro. Entretanto, observa-se que houve uma redução no período entre 97 e 113 DAP devido ao estresse hídrico sofrido no mês de dezembro, voltando a se elevar até o pico máximo de brotações aos 125 DAP devido às

chuvas que ocorreram em janeiro de 2012, ainda que estas não tenham sido suficientes para que o solo atingisse a capacidade de campo, conforme pode ser observado no balanço hídrico da cultura (Figura 8). Entre o início do ciclo e o pico de perfilhamento ocorreu um crescimento na ordem de um perfilho por metro a cada 6 dias. Esse resultado é semelhante ao encontrado por Almeida (2006) que, estudando quatro variedades na mesma região, verificou que o pico de perfilhamento ocorre aos 120 DAP. Dos 125 aos 372 DAP, ocorreu uma redução no número de perfilhos na ordem de 1 perfilho a cada 20 dias, chegando à média final de 9,3 perfilhos por metro, o que reforça os trabalhos de Silva et al. (2012), Almeida (2008) e Iniman-Bamber (1994). O pico de perfilhamento em cana-planta ocorreu quando os graus-dia (GD) estavam com 1057 GD, aos 125 DAP, e a estabilização ocorreu após os 2300 GD, aos 251 DAP.

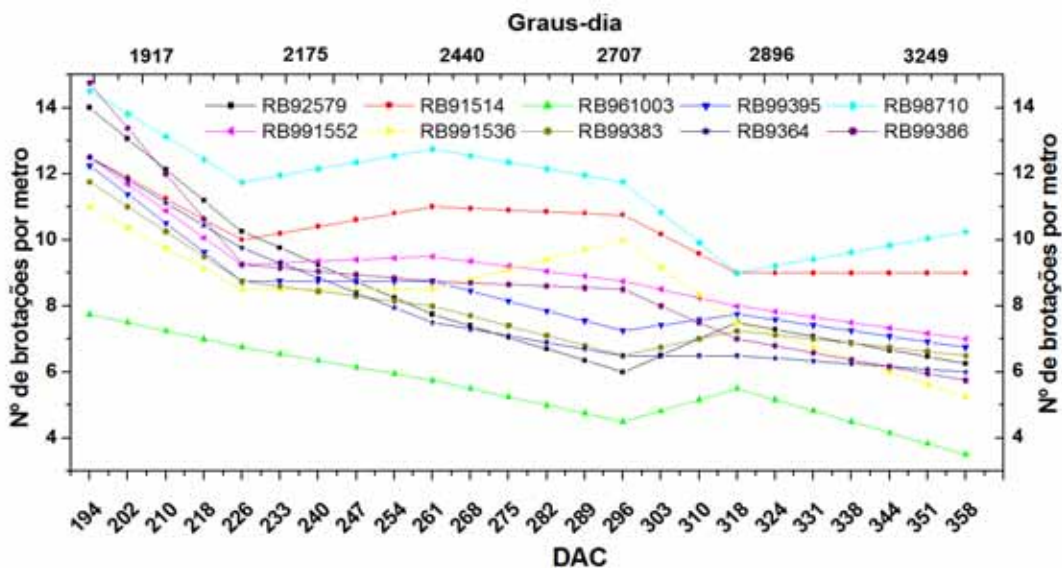


Figura 10. Número de perfilhos por metro dos genótipos de cana-de-açúcar na cana-soca, correspondente aos meses de dezembro 2012 a dezembro de 2013.

Conforme pode ser visto na Figura 10, as curvas de perfilhamento do ciclo de cana-soca, entre os 194 e 358 dias após o corte (DAC), estavam em queda, tendo-se o maior nível de perfilhamento medido aos 194 DAC, cuja média foi de 12,3 perfilhos por metro. Almeida (2006), Oliveira et al. (2005) e Machado et al. (1982) encontraram pico máximo de perfilhamento aos 120 DAC, ou seja, a primeira avaliação foi feita quando já havia passado o pico de perfilhamento. Ao final permaneceram em média 6,6 perfilhos por metro.

Inman-Bamber (1993) observou que, em cana-soca, o pico de perfilhamento se dá após 500 GD e que a estabilização ocorre após os 1200 GD e, assim, pode-se dizer que, no presente experimento, as avaliações apresentam-se na fase de estabilização e o maior número de graus-dia é visto no ciclo de cana-soca.

Os perfílos finais em cada ciclo correspondem à quantidade de colmo que realmente vai para a indústria para ser transformado nos subprodutos da cana-de-açúcar. Sobre estes foi realizada a análise de variância seguida do teste de Tukey para os fatores significativos ao nível de 5%, conforme pode ser verificado na Tabela 4. Observa-se que não houve interação significativa genótipos-ciclos, mas tanto os genótipos quanto os ciclos apresentaram diferenças significativas. Entre os genótipos, o RB98710 foi superior aos demais, exceção ao RB91514 que, por sua vez, foi superior somente ao RB961003.

Tabela 4. Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável perfilhamento.

Fonte de Variação	NMS	Perfílos por metro		Média	Tukey	
		Cana-Planta	Cana-Soca			
Genótipos – G	0,0000	RB961003	6,50	3,50	5,00	A
		RB9364	7,50	6,00	6,75	A B
		RB99383	7,25	6,50	6,87	A B
		RB99386	8,75	5,75	7,25	A B
		RB991536	9,75	5,25	7,50	A B
		RB991552	8,75	7,00	7,87	A B
		RB92579	9,75	6,25	8,00	A B
		RB99395	10,50	6,75	8,56	B
		RB91514	9,75	9,00	9,37	B C
		RB98710	13,75	10,25	12,00	C
Ciclos – C	0,0000	Cana-Planta	9,23			B
		Cana-Soca		6,62		A
Interação G x C	0,4322					
Coef. Variação (%)	23,48					
Média Geral				7,92		

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

O genótipo RB92579, que é um dos mais plantados no Nordeste Brasileiro, apresentou em seu pico de perfilhamento, aos 125 DAP, 24 perfílos em cana-planta, resultado pouco inferior do observado por Almeida et al. (2008) que, na mesma região, observaram 27,6 perfílos por metro, com um total de graus-dias acumulados de 800 GD e 40,5 perfílos por metro com 350 GD em cana-soca. Silva et al. (2012), com o mesmo

genótipo em cana-soca, encontraram 42,5 perfilhos por metro em Juazeiro na Bahia. Esse genótipo se mostrou, na média dos dois ciclos, menor número de perfilhos que o RB98710.

A média final de perfilhos no ciclo de cana-soca foi menor que a do ciclo de cana-planta, 9,2 e 6,6 respectivamente, fato ocorrido principalmente por conta da deficiência hídrica sofrida na brotação e estabelecimento, fases em que a cultura é mais sensível, cuja redução no número de perfilhos resultou em menor produtividade agrícola, conforme será verificado no item 4.4.

4.2.2 Índice de área foliar (IAF) e altura do dossel

O Índice de área foliar (IAF) em cultivares de cana-de-açúcar pode ser correlacionado com seu potencial produtivo. No presente experimento, o IAF na cana-planta cresceu proporcionalmente com a altura das plantas da emergência até os 159 DAP (Figura 11), quando, devido à senescência das folhas mais velhas, o mesmo começou a declinar rapidamente até os 251 DAP. Essa intensa senescência ocorreu em resposta ao estresse hídrico sofrido pela cultura, principalmente no período de 159 a 280 DAP (janeiro a maio de 2013). Após os 251 DAP o IAF cresceu discretamente ficando com média 3 nas últimas avaliações. Na cana-soca (Figura 12) o IAF foi reduzindo dos 219 DAC até a colheita (9 de dezembro de 2013), porém mais intensamente dos 219 aos 290 DAC.

A síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável índice de área foliar final (IAF) é mostrada na Tabela 5. Como o efeito da interação genótipos-ciclos foi significativo (NMS = 0,0000), efetuou-se o desdobramento dos ciclos dentro de cada genótipo e o desdobramento dos genótipos dentro de cada ciclo, sendo que em ambos os casos os desdobramentos foram significativos. O desdobramento dos ciclos dentro de cada genótipo mostrou que todos os genótipos apresentaram maior IAF na cana-soca em relação à cana-planta, exceção feita ao genótipo RB92579, que não apresentou diferença significativa. Em média, o IAF final da cana-soca (2,65) foi 16% superior ao da cana-planta (2,20).

Em relação ao desdobramento dos genótipos dentro de cada ciclo, verificou-se que na cana-planta o genótipo RB98710 foi o único superior aos demais. Os genótipos RB991536, RB92579, RB991552 e RB99395 somente superaram ao RB99383. No

ciclo cana-soca, o genótipo RB991536 somente foi superior ao RB961003, não diferindo dos demais.

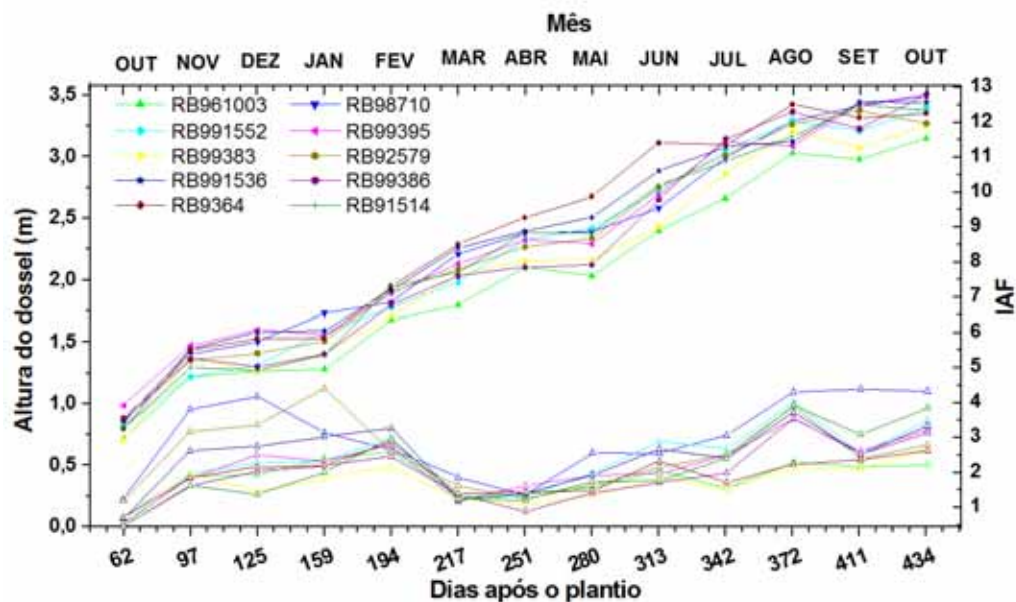


Figura 11. Altura do dossel e índice de área foliar de genótipos de cana-de-açúcar no período de 62 DAP até a colheita da cana-planta aos 434 DAP.

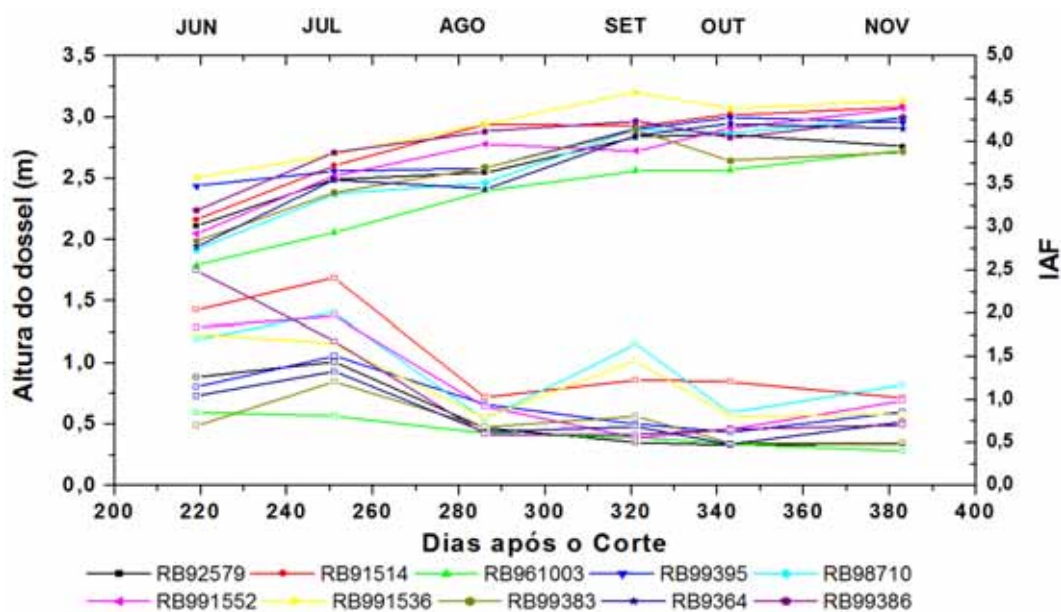


Figura 12. Altura do dossel e Índice de área foliar de genótipos de cana-de-açúcar no período de 219 DAC até a colheita da cana-soca aos 384 DAC.

Tabela 5. Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável índice de área foliar (IAF).

Fonte de Variação	NMS	Índice de Área Foliar (IAF)				Média
		Desdobramento G em C				
Genótipos – G	0,0000	Cana-Planta		Cana-Soca		
Ciclos – C	0,0000					
Interação G x C	0,0000					
Coef. Variação (%)	8,15					
Desdobramento C em G	↓ NMS →	0,0000		0,0148		
RB98710	0,0017	3,04	E a	2,58	AB b	2,81
RB991536	0,0002	2,35	CD a	2,92	B b	2,64
RB92579	0,6831	2,54	D	2,60	AB	2,57
RB991552	0,0273	2,35	CD a	2,67	AB b	2,51
RB99395	0,0003	2,20	BCD a	2,74	AB b	2,47
RB91514	0,0000	2,13	ABCD a	2,78	AB b	2,46
RB99386	0,0000	1,97	ABC a	2,77	AB b	2,37
RB9364	0,0000	1,95	ABC a	2,59	AB b	2,27
RB99383	0,0000	1,69	A a	2,53	AB b	2,11
RB961003	0,0006	1,84	AB a	2,35	A b	2,10
Média	-	2,20		2,65		2,43

Valores seguidos da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Em relação ao crescimento do dossel vegetativo da cana-planta e cana-soca, apresentados nas Figuras 11 e 12, respectivamente, foi possível estimar que a cana-planta cresceu, em média, 0,73 cm dia⁻¹ durante seu ciclo de 459 dias. Por sua vez, a cana-soca cresceu, em média, 0,78 cm dia⁻¹ durante seu ciclo de 378 dias.

A altura final do dossel em cada ciclo corresponde ao tamanho da planta que vai para a indústria para ser transformado nos subprodutos da cana-de-açúcar. Sobre esta foi realizada a análise de variância seguida do teste de Tukey para os fatores significativos ao nível de 5%, conforme pode ser verificado na Tabela 6. Observa-se que não houve interação significativa genótipos-ciclos, mas tanto os genótipos quanto os ciclos apresentaram diferenças significativas. Entre os genótipos, o RB991536 superou os genótipos RB961003 e RB99383, mas não diferiu dos demais. Por sua vez, entre os ciclos a cana-planta apresentou maior altura de dossel (3,37 m) em relação à cana-soca (2,93 m). Esta diferença pode ser atribuída ao tempo de cultivo que foi de 14 meses no ciclo-planta e 12 meses no ciclo-soca. E outro fator que também influenciou no menor crescimento da cana-soca foi à deficiência hídrica na brotação e estabelecimento, fases em que a cultura é mais sensível,

podendo ser observado na Figura 8 do item 4.2. Finalmente, a terceira causa provável da menor produtividade da cana-soca foi o menor vigor vegetativo da socaria.

Tabela 6. Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para variável altura final do dossel.

Fonte de Variação	NMS	Altura final do dossel		Média	Tukey	
		Cana-Planta	Cana-Soca			
Genótipos – G	0,0003	RB961003	3,15	2,76	2,96	A
		RB99383	3,25	2,72	2,98	A B
		RB92579	3,27	2,76	3,02	A B C
		RB9364	3,36	2,87	3,11	A B C
		RB91514	3,38	3,08	3,23	A B C
		RB991552	3,40	3,07	3,23	A B C
		RB99395	3,51	2,95	3,23	A B C
		RB98710	3,49	3,00	3,24	B C
		RB99386	3,50	3,00	3,25	B C
		RB991536	3,45	3,14	3,29	C
Ciclos – C	0,0000	Cana-Planta	3,37			B
		Cana-Soca		2,93		A
Interação G x C	0,7530					
Coef. Variação (%)	5,50					
Média Geral				3,15		

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

4.3.3 Diâmetro do colmo

Os resultados experimentais dos valores de diâmetro final do colmo em cada ciclo correspondem a uma das variáveis que apresentam o volume de colmo que realmente vai para a indústria para ser transformado nos subprodutos da cana-de-açúcar. Sobre este foi realizada a análise de variância seguida do teste de Tukey para os fatores significativos ao nível de 5%, conforme pode ser verificado na Tabela 7. Observa-se que não houve interação significativa genótipos-ciclos nem entre os genótipos, mas houve entre os ciclos, apresentando, sendo a cana-planta, cuja média foi 23,97 mm, inferior à cana-soca, cuja média foi 25,55 mm. A média geral nos dois ciclos foi de 24,7 mm embora o diâmetro da cana-soca tenha sido superior, a diferença, 1,58 mm, não foi suficiente para causar efeito sobre a produtividade, que será abordada a seguir.

Tabela 7. Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável diâmetro final do colmo.

Fonte de Variação	NMS	Diâmetro final do colmo		Média	Tukey
		Cana-Planta	Cana-Soca		
Genótipos – G	0,1261	RB9364	21,55	24,55	23,05
		RB92579	22,90	23,92	23,41
		RB99386	22,80	25,29	24,05
		RB99383	23,55	24,99	24,27
		RB991552	24,88	24,13	24,50
		RB91514	23,88	25,54	24,71
		RB991536	23,15	26,97	25,06
		RB98710	24,98	25,27	25,12
		RB99395	25,75	26,92	26,33
		RB961003	26,35	27,98	27,17
Ciclos – C	0,0133	Cana-Planta	23,97		A
		Cana-Soca		25,55	B
Interação G x C	0,9015				
Coef. Variação (%)	11,15				
Média Geral				24,76	

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

4.4 Produtividade Agrícola

A síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável produtividade (TCH) é mostrada na Tabela 8. Como o efeito da interação genótipos-ciclos foi significativo (NMS = 0,0079), efetuou-se o desdobramento dos ciclos dentro de cada genótipo e o desdobramento dos genótipos dentro de cada ciclo, sendo que em ambos os casos os desdobramentos foram significativos. O desdobramento dos ciclos dentro de cada genótipo mostrou que todos os genótipos apresentaram maior produtividade na cana-planta em relação à cana-soca, sendo que, em média, a produtividade agrícola na cana-planta foi 75,5 t ha⁻¹ e na cana-soca foi de 47,3 t ha⁻¹, uma diferença de 28,1 t ha⁻¹ ou 37% (Figura 13). Parte desta diferença pode ser atribuída ao tempo de cultivo que no primeiro ciclo foi de 14 meses e no segundo de 12 meses, sendo considerado que a cultura produz cerca de 5 a 10 t mês⁻¹ em regime de sequeiro. Sendo assim, por uma questão de duração de cultivo, há uma redução de produção no segundo ciclo. Outro fator que também influenciou na menor produtividade da cana-soca foi a deficiência hídrica na brotação e estabelecimento, fases em que a cultura é mais sensível, podendo ser observado na

Figura 8 do item 4.2. Finalmente, a terceira causa provável da menor produtividade da cana-soca foi o menor vigor vegetativo da socaria.

Em relação às variáveis IAF, altura do dossel e diâmetro do colmo sobre a produtividade da cana-planta e cana-soca, observou-se, no presente trabalho, que somente a altura do dossel apresentou correspondência com a produtividade, ou seja, o maior IAF e diâmetro do colmo da cana-soca não compensou a maior altura do dossel da cana-planta, cujo valor, em média, foi 44 cm superior à cana-soca.

Em relação ao desdobramento dos genótipos dentro de cada ciclo, verificou-se que na cana-planta o genótipo RB98710 somente foi superior ao RB99383, não diferindo dos demais no teste de Tukey ao nível de 5%. No ciclo cana-soca, o genótipo RB991552 superou os genótipos RB961003, RB92579, RB9364 e RB99383, mas não diferiu dos demais. Em relação ao genótipo RB98710, que na variável perfilhamento apresentou o melhor desempenho (junto ao genótipo RB91514), não se verificou a correspondência em produtividade em relação aos demais genótipos. Aparentemente, a menor precipitação ocorrida nos dois ciclos, em relação à esperada na região, afetou a produtividade de todos os genótipos avaliados.

Tabela 8. Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável Toneladas de colmo por hectare (TCH).

Fonte de Variação	NMS	Produtividade (TCH)					Média
		Desdobramento G em C					
Genótipos – G	0,0005	Cana-Planta		Cana-Soca			
Ciclos – C	0,0000						
Interação G x C	0,0079						
Coef. Variação (%)	12,94						
Desdobramento C em G	↓ NMS →	0,0348		0,0001			
RB991552	0,0027	79,9	AB b	62,3	Ca	71,1	
RB98710	0,0000	83,0	B b	53,3	ABC a	68,2	
RB991536	0,0008	74,9	AB b	55,0	BC a	64,9	
RB99395	0,0000	79,1	AB b	48,6	ABC a	63,8	
RB99386	0,0025	70,7	AB b	52,9	ABC a	61,8	
RB91514	0,0000	72,1	AB b	46,8	ABC a	59,4	
RB961003	0,0000	80,7	AB b	36,0	A a	58,3	
RB92579	0,0000	77,1	AB b	37,7	AB a	57,7	
RB9364	0,0000	74,3	AB b	39,5	AB a	56,9	
RB99383	0,0003	63,0	A b	41,5	AB a	52,4	
Média	-	75,5		47,3		61,5	

Valores seguidos da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

O genótipo RB92579, que é um dos mais plantados e cultivados no Estado de Alagoas, nesta pesquisa produziu apenas $77,7 \text{ t ha}^{-1}$ em cana-planta e $37,7 \text{ t ha}^{-1}$ em cana-soca. Abreu (2008), na mesma região e com o mesmo genótipo obteve produtividade de 103 t ha^{-1} em cana-planta. Essa diferença de produtividade (entre autores e entre ciclos) foi causada provavelmente pelas diferenças no déficit hídrico, que é o principal fator causador da variabilidade ano a ano da produtividade em cultivo de sequeiro (TERAMOTO, 2003). Teodoro (2011), na mesma região, estudando lâminas de irrigação com o genótipo RB92579, viu diferença de 70 t ha^{-1} entre a lâmina zero e a lâmina de 150% da evapotranspiração de referência.

A Figura 13 mostra a produtividade agrícola (Y1) e a altura do dossel (Y2) dos dez genótipos e nos dois ciclos avaliados no experimento.

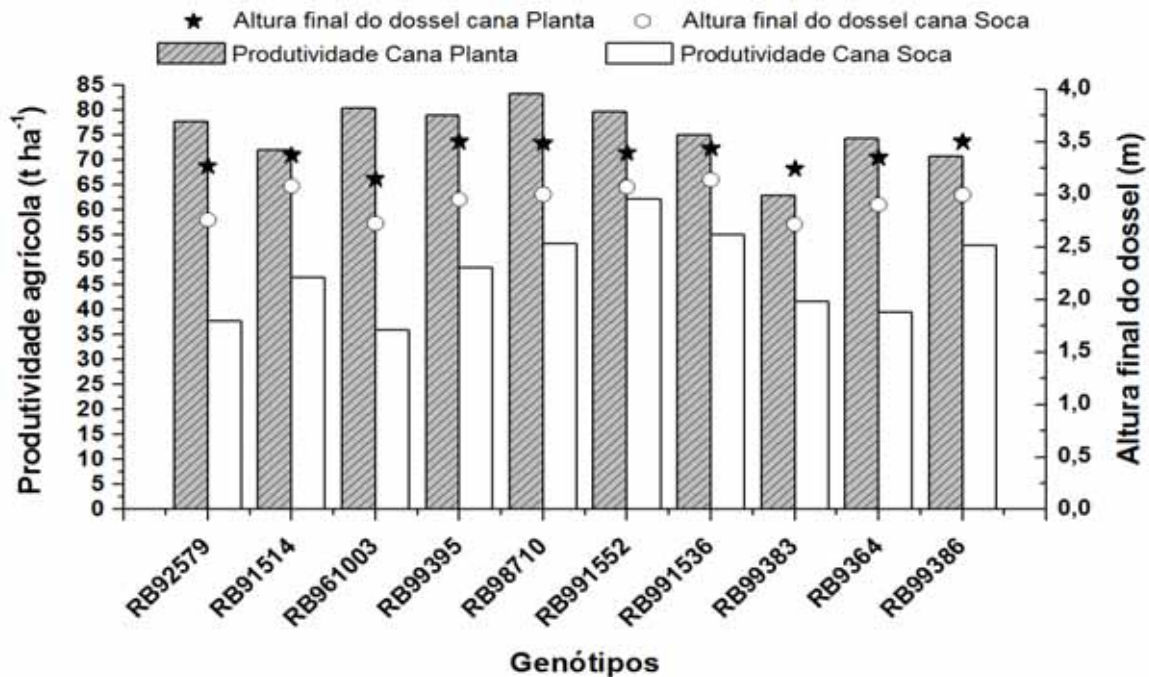


Figura 13. Produtividade agrícola e altura do dossel dos dez genótipos de cana-de-açúcar na região de Rio Largo (AL), nas safras 2011/2012 e 2012/2013.

4.5 Produtividade industrial

Os resultados experimentais da síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a produção de sólidos solúveis em graus Brix (Brix) é mostrada na Tabela 9. Como o efeito da interação genótipos-ciclos foi significativa (NMS = 0,0039), efetuou-se o desdobramento dos ciclos dentro de cada genótipo e o desdobramento dos genótipos dentro de cada ciclo. Verificou-se que em todos os genótipos o efeito do ciclo foi significativo, sendo o Brix sempre superior na cana-planta. O desdobramento dos genótipos foi significativo apenas no ciclo da cana-planta, contudo, no teste de Tukey ao nível de 5% nenhum genótipo se sobressaiu. É de conhecimento na Experimentação que o teste de Tukey é conservador, ou seja, mesmo havendo significância de uma fonte de variação na análise de variância, pode ocorrer do teste de média não detectar a(s) que se sobressaiu(ram).

Tabela 9. Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável Brix.

Fonte de Variação	NMS	BRIX		Média
		Desdobramento G em C		
Genótipos – G	0,7727	Cana-Planta	Cana-Soca	
Ciclos – C	0,0000			
Interação G x C	0,0039			
Coef. Variação (%)	4,67			
Desdobramento C em G	↓ NMS →	0,0314	0,1645	
RB99395	0,0001	21,86 A b	19,09 a	20,48
RB961003	0,0000	22,74 A b	18,10 a	20,43
RB91514	0,0292	21,04 A b	19,56 a	20,30
RB99383	0,0000	22,04 A b	18,54 a	20,29
RB92579	0,0008	21,39 A b	19,02 a	20,21
RB991552	0,0110	21,05 A b	19,30 a	20,18
RB98710	0,0000	22,56 A b	17,71 a	20,14
RB9364	0,0008	21,04 A b	18,68 a	19,87
RB991536	0,0000	21,50 A b	18,16 a	19,83
RB99386	0,0089	20,59 A b	18,79 a	19,70
Média	-	21,58	18,70	20,14

Valores seguidos da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Em relação à variável sacarose aparente (POL% da cana), que constitui no principal fator para o pagamento da cana-de-açúcar (RIPOLI e RIPOLI, 2009), a síntese da análise de variância seguida do teste de Tukey ao nível de 5% pode ser verificada na Tabela 10. Observa-se que houve interação significativa genótipos-ciclos (NMS = 0,0272) e entre os ciclos, porém não houve entre os genótipos, sendo assim, efetuou-se o desdobramento dos ciclos dentro de cada genótipo e o desdobramento dos genótipos dentro de cada ciclo. Verificou-se que somente houve interação dos genótipos dentro de cada ciclo. Os resultados mostram que todos os genótipos tiveram maior sacarose aparente na cana-planta excluindo-se o genótipo RB91514 que não diferiu nos ciclos.

Observa-se também que todos os genótipos em todos os ciclos são indicados para processamento industrial, pois já que apresentam valores superiores a 15 (RIPOLI e RIPOLI, 2009), conforme pode ser visto na Tabela 11.

Tabela 10. Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável sacarose aparente (POL%).

Fonte de Variação	NMS	Sacarose aparente		Média
		Desdobramento G em C		
Genótipos – G	0,3795	Cana-Planta	Cana-Soca	
Ciclos – C	0,0000			
Interação G x C	0,0272			
Coef. Variação (%)	5,65			
Desdobramento C em G	↓NMS →	0,1405	0,0844	
RB99395	0,0043	18,88 b	16,82 a	17,85
RB99383	0,0001	19,26 b	16,38 a	17,82
RB91514	0,0654	18,22	16,92	17,57
RB991552	0,0384	18,26 b	16,79 a	17,52
RB92579	0,0016	18,64 b	16,34 a	17,49
RB98710	0,0000	19,30 b	15,38 a	17,34
RB961003	0,0000	19,50 b	15,00 a	17,25
RB9364	0,0035	18,19 b	16,07 a	17,13
RB99386	0,0330	17,79 b	16,27 a	17,03
RB991536	0,0010	17,87 b	15,47 a	16,67
Média	-	18,22	16,96	17,36

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 11. Indicadores da qualidade da cana-de-açúcar e valores recomendados (RIPOLI e RIPOLI, 2009) apud (Fermentec).

INDICADORES	Valores recomendados
POL	>14
PUREZA (POL/Brix)	>85%
ATR (sacarose, glicose, frutose)	>15% (maior possível)
AR (glicose, frutose)	<0,8%
Fibra	11 a 13%

Em relação à variável pureza do caldo (PZA), que corresponde à porcentagem de pureza existente entre a sacarose aparente e os sólidos solúveis em graus Brix para ser transformado nos subprodutos da cana-de-açúcar, verificou-se que as fontes de variação não apresentaram significância (Tabela 12), ou seja, os genótipos avaliados e os ciclos, bem com a interação de ambos, não influíram na pureza do caldo.

Tabela 12. Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável pureza do caldo (PZA).

Fonte de Variação	NMS	Pureza do Caldo		Média	
		Cana-Planta	Cana-Soca		
Genótipos – G	0,1230	RB991536	83,11	85,00	84,05
		RB961003	85,76	82,71	84,22
		RB9364	86,43	85,91	86,17
		RB98710	85,56	86,82	86,19
		RB99386	86,35	86,60	86,47
		RB91514	86,57	86,43	86,50
		RB92579	87,16	85,85	86,50
		RB991552	86,73	87,08	86,91
		RB99395	86,34	88,09	87,21
		RB99383	87,42	88,55	87,99
Ciclos – C	0,7872	Cana-Planta	86,14		
		Cana-Soca		86,30	
Interação G x C	0,7671				
Coef. Variação (%)	3,13				
Média Geral				86,22	

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A síntese da análise de variância seguida do teste de Tukey para a variável percentual de caldo (PC) podem ser observados na Tabela 13. Observa-se que não houve interação significativa genótipos-ciclos, nem entre os genótipos, mas houve entre os ciclos apresentando médias 15,54 e 13,22% na cana-planta e cana-soca respectivamente. Isso ocorreu provavelmente em decorrência do tempo de cultivo dos ciclos que foi de 14 meses no ciclo-planta e 12 meses no ciclo-soca.

Tabela 13. Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável percentual de caldo (PC).

Fonte de Variação	NMS	Percentual de caldo		Média	Tukey
		Cana-Planta	Cana-Soca		
Genótipos – G	0,8536	RB99395	15,90	10,81	13,36
		RB991536	14,79	13,02	13,90
		RB9364	14,66	13,45	14,05
		RB99386	14,75	13,49	14,12
		RB91514	14,86	14,19	14,52
		RB92579	15,53	13,55	14,54
		RB991552	15,15	13,93	14,54
		RB99383	15,41	13,67	14,54
		RB961003	16,28	12,92	14,60
		RB98710	16,10	13,23	14,67
Ciclos – C	0,0000	Cana-Planta	15,34		B
		Cana-Soca		13,22	A
Interação G x C	0,2615				
Coef. Variação (%)	11,5				
Média Geral				14,28	

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A síntese da análise de variância e do teste de Tukey para a variável Fibra é mostrada na Tabela 14. Como o efeito da interação genótipos-ciclos foi significativo (NMS = 0,0000), efetuou-se o desdobramento dos ciclos dentro de cada genótipo e o desdobramento dos genótipos dentro de cada ciclo. O desdobramento dos ciclos somente apresentou significância nos genótipos RB99383, RB9364 e RB91514, sendo que nos dois primeiros a fibra foi maior na cana-planta, enquanto no terceiro, o teste de Tukey não diferiu entre os dois ciclos. Provavelmente tais diferenças são manifestações da carga genética dos mesmos.

Em relação ao desdobramento dos genótipos dentro de cada ciclo, verificou-se que apenas na cana-planta houve significância, sendo os genótipos RB99383 e

RB99364 superiores aos demais, à exceção do RB91514. Isso mostra que esses genótipos alteram a sua quantidade de fibra de acordo com a disponibilidade hídrica.

Tabela 14. Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativa para a variável fibra.

Fonte de Variação	NMS	Fibra		Média
		Desdobramento G em C		
Genótipos – G	0,0000	Cana-Planta	Cana-Soca	
Ciclos – C	0,0000			
Interação G x C	0,0000			
Coef. Variação (%)	4,36			
Desdobramento C em G	↓ NMS →	0,0000	0,3777	
RB99383	0,0000	15,21 C b	12,80 a	14,01
RB9364	0,0000	14,80 C b	12,79 a	13,80
RB91514	0,0003	14,14 BCa	12,57 a	13,36
RB99386	0,9218	13,17 AB	13,21	13,20
RB991552	0,9951	13,17 AB	13,17	13,17
RB92579	0,5857	12,93 AB	13,15	13,05
RB98710	0,6069	12,86 AB	13,07	12,97
RB991536	0,0514	13,29 AB	12,49	12,89
RB961003	0,3167	12,84 AB	12,43	12,64
RB99395	0,4057	12,29 A	12,63	12,47
Média	-	13,47	12,83	13,15

Valores seguidos da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Em relação à variável açúcares redutores (AR), que correspondem a soma da glicose e da sacarose e são os principais açúcares, a síntese da análise de variância seguida do teste de Tukey para os fatores significativos ao nível de 5% pode ser vista na Tabela 15. Observa-se que não houve interação significativa genótipos-ciclos, nem entre os ciclos, mas houve entre os genótipos, sendo que o RB961003 e o RB991536 foram superiores ao RB99383 e semelhante aos demais. A média geral dos dois ciclos foi de 0,72.

Tabela 15. Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos para a variável açúcares redutores (AR).

Fonte de Variação	NMS	Açúcares Redutores		Média	Tukey	
		Cana-Planta	Cana-Soca			
Genótipos – G	0,0333	RB99383	0,67	0,67	0,67	A
		RB991552	0,71	0,70	0,70	AB
		RB99395	0,73	0,67	0,70	AB
		RB91514	0,70	0,72	0,71	AB
		RB92579	0,70	0,73	0,71	AB
		RB9364	0,69	0,73	0,71	AB
		RB99386	0,71	0,71	0,71	AB
		RB98710	0,74	0,71	0,72	AB
		RB961003	0,73	0,81	0,77	B
		RB991536	0,79	0,76	0,77	B
Ciclos – C	0,8441	Cana-Planta	0,72			
		Cana-Soca		0,72		
Interação G x C	0,6110					
Coef. Variação (%)	8,63					
Média Geral				0,72		

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Na Tabela 16 é mostrada a síntese da análise de variância e do teste de Tukey ao nível de 5% da variável açúcares totais recuperáveis (ATR), que é a representação de todos os açúcares totais (açúcares redutores e invertidos) presentes na cana-de-açúcar, sendo esta variável a precursora na produção de açúcar e álcool, Pode-se observar que houve efeito na interação genótipos-ciclos (NMS = 0,0291), sendo assim, efetuou-se o desdobramento dos ciclos dentro de cada genótipo e o desdobramento dos genótipos dentro de cada ciclo. Verificou-se que em todos os genótipos à exceção do RB91514, cujo efeito do ciclo foi não significativo, a ART sempre superior na cana-planta. O desdobramento dos genótipos nos ciclos foi significativo somente no ciclo cana-planta, contudo o teste de Tukey não mostrou diferença significativa entre qualquer genótipo. De modo similar ao ocorrido na variável Brix, mesmo havendo significância de uma fonte de variação na análise de variância, pode ocorrer do teste de média não detectar a(s) que se sobressaiu(ram), o que ocorreu no teste de Tukey.

Tabela 16. Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativos de açúcares totais recuperáveis (ATR).

Fonte de Variação	NMS	ATR		Média
		Desdobramento G em C		
Genótipos – G	0,2002	Cana-Planta	Cana-Soca	
Ciclos – C	0,0000			
Interação G x C	0,0291			
Coef. Variação (%)	4,96			
Desdobramento C em G	↓ NMS →	0,0158	0,3355	
RB991536	0,0013	145,66 A b	128,80 a	137,23
RB9364	0,0305	143,55 A b	132,51 a	138,03
RB99386	0,0199	144,66 A b	132,73 a	138,69
RB99383	0,0018	150,37 A b	134,07 a	142,22
RB91514	0,2425	145,46 A	139,58	142,52
RB991552	0,0243	148,28 A b	136,77 a	142,52
RB92579	0,0005	151,74 A b	133,50 a	142,62
RB961003	0,0000	159,08 A b	128,29 a	143,68
RB98710	0,0000	157,42 A b	130,32 a	143,87
RB99395	0,0009	155,51 A b	138,06 a	146,78
Média	-	150,17	133,46	141,82

Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Na Tabela 17 é mostrada a síntese da análise de variância e do teste de Tukey ao nível de 5% da variável produção de açúcar por hectare (TAH), podendo ser observado que houve efeito na interação genótipos-ciclos (NMS = 0,0009), por isso efetuou-se o desdobramento dos ciclos dentro de cada genótipo e o desdobramento dos genótipos dentro de cada ciclo. O desdobramento dos ciclos apresentou significância para todos os genótipos, sendo que todos eles alcançaram maior produção de açúcar por hectare no ciclo da cana-planta em relação ao ciclo da cana-soca. Provavelmente, isso ocorreu devido ao maior tempo de cultivo no primeiro ciclo.

Na Figura 14 são apresentadas as isoquantas de toneladas de açúcar por hectare (TAH), açúcares totais recuperáveis (ATR) e toneladas de colmos por hectare (TCH) da cana-planta. Apesar do genótipo RB98710 ter apresentado 157 de ATR e produtividade de 83 t ha⁻¹, o desdobramento dos genótipos neste ciclo mostrou que ele somente foi superior ao genótipo RB99383. Desempenho similar foi constatado no genótipo RB961003.

Na Figura 15 são apresentadas as isoquantas de toneladas de açúcar por hectare (TAH), açúcares totais recuperáveis (ATR) e toneladas de colmos por hectare (TCH) da cana-soca. Apesar do genótipo RB991552 ter apresentado a maior produtividade de colmos (mesmo que não diferindo estatisticamente dos genótipos RB98710, RB991536, RB99395 e RB99386), o desdobramento dos genótipos dentro deste ciclo mostra que ele foi melhor apenas que os genótipos RB961003, RB92579, RB9364 e RB99383.

Barbosa (2013), em experimento realizado na Usina Sinimbu, em Alagoas, observou que os genótipos RB92579, RB99395 e RB98710 produziram resultados diferentes dos encontrados no presente experimento, o genótipo RB98710 apresentou TAH de 6 t ha⁻¹.

Tabela 17. Síntese da análise de variância e do teste de Tukey para os fatores de variação significativa para a variável tonelada de açúcar por hectare (TAH).

Fonte de Variação	NMS	TAH		Média
		Desdobramento G em C		
Genótipos – G	0,0010	Cana-Planta	Cana-Soca	
Ciclos – C	0,0000			
Interação G x C	0,0009			
Coef. Variação (%)	13,99			
Desdobramento C em G	↓ NMS →	0,0010	0,0010	
RB991552	0,0003	11,84 AB b	8,51 B a	10,18
RB98710	0,0000	13,05 B b	6,93 AB a	9,99
RB99395	0,0000	12,29 AB b	6,68 AB a	9,49
RB991536	0,0000	10,89 AB b	7,01 AB a	8,95
RB961003	0,0000	12,87 B b	4,57 A a	8,72
RB99386	0,0006	10,21 AB b	7,02 AB a	8,61
RB91514	0,0000	10,48 AB b	6,57 AB a	8,53
RB92579	0,0000	11,79 AB b	5,01 A a	8,40
RB9364	0,0000	10,67 AB b	5,21 A a	7,94
RB99383	0,0000	9,46 A b	5,62 A a	7,54
Média	-	11,35 b	6,31 a	8,83

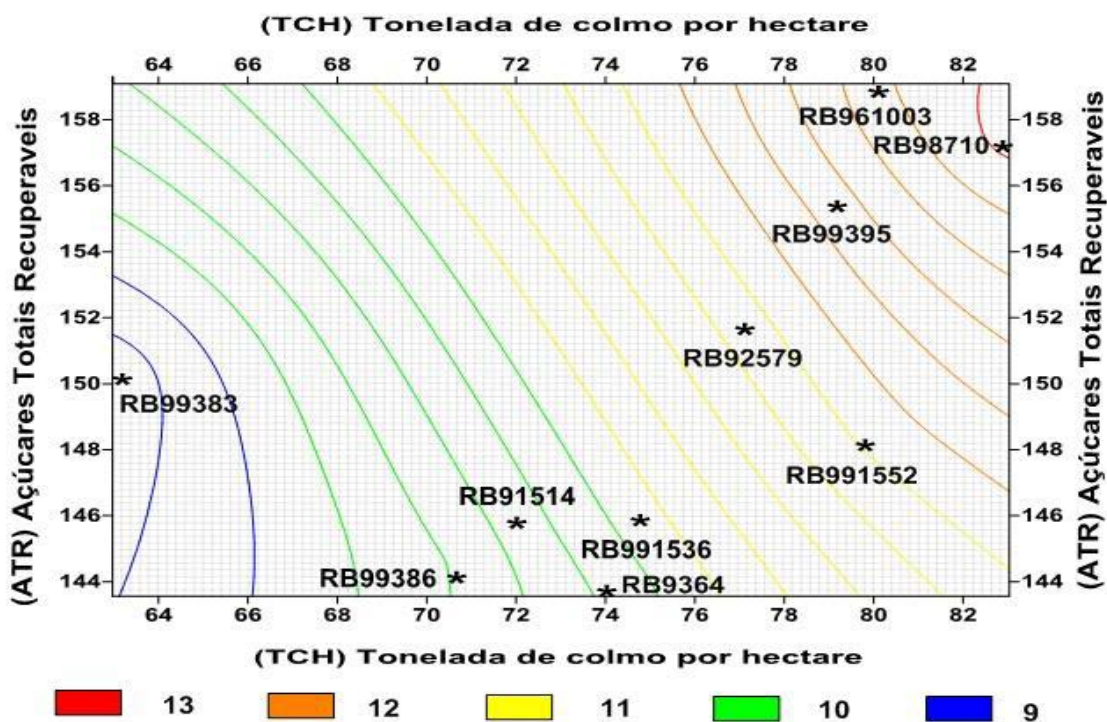


Figura 14. Isoquantas de toneladas de açúcar por hectare (TAH), açúcares totais recuperáveis (ATR) e toneladas de açúcar por hectare (TAH) no ciclo cana-planta.

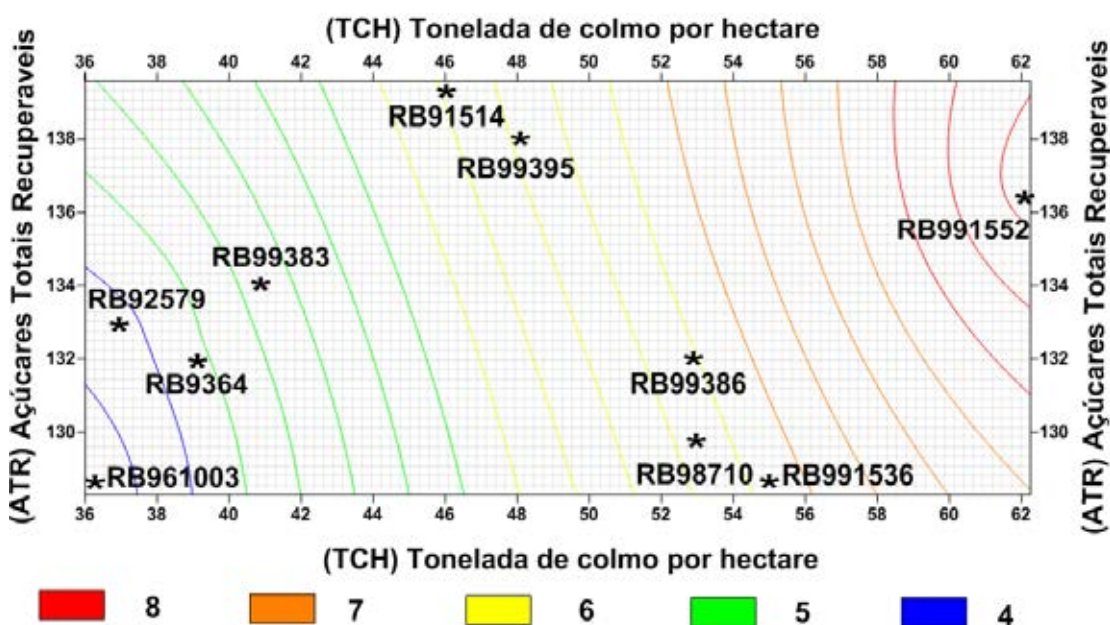


Figura 15. Isoquantas de toneladas de açúcar por hectare (TAH), açúcares totais recuperáveis (ATR) e toneladas de colmos por hectare (TCH) no ciclo da cana-soca.

5. CONCLUSÕES

Para as condições em que o experimento foi realizado e com base nos resultados, conclui-se que:

1 – Nos dois ciclos de cultivo, a quantidade de precipitação pluvial seria suficiente para o crescimento e desenvolvimento da cultura, porém, devido à distribuição irregular das chuvas, houve deficiência hídrica. No ciclo de cana-planta, a deficiência foi de 869 mm e o excesso hídrico foi de 308 mm e, em cana-soca, a deficiência foi de 741 mm e o excesso foi de 790 mm.

2 – Em média, a produtividade agrícola, em toneladas de colmo por hectare (TCH), na cana-planta foi 75,5 t ha⁻¹ e na cana-soca foi de 47,3 t ha⁻¹, uma diferença de 28,1 t ha⁻¹ ou 37%. Parte desta diferença pode ser atribuída ao tempo de cultivo que no primeiro ciclo foi de 14 meses e no segundo de 12 meses. Também a deficiência hídrica na brotação e estabelecimento, fases em que a cultura é mais sensível também influenciou na menor produtividade da cana-soca e a outra causa provável da menor produtividade da cana-soca foi o menor vigor vegetativo da soca.

3 – Nenhum genótipo se destacou sobre os demais na produtividade agrícola, entretanto o genótipo RB98710 foi superior somente ao RB99383 no ciclo cana-planta. No ciclo cana-soca, o genótipo RB991552 superou os genótipos RB961003, RB92579, RB9364 e RB99383, mas não diferiu dos demais.

4 – A quantidade de açúcares totais recuperáveis (ATR) foi superior na cana-planta em todos os genótipos à exceção do RB91514, cujo efeito dos ciclos não foi significativo. Os genótipos não diferiram no teste de Tukey ao nível de 5% na cana-planta, embora houvesse significância na análise de variância, fato não ocorrido na cana-soca.

5 – A produção de açúcar total, em toneladas de açúcar por hectare (TAH), foi maior em todos os genótipos na cana-planta (11,35) em relação à cana-soca (6,31), provavelmente devido ao maior tempo de cultivo no primeiro ciclo. No ciclo da cana-planta nenhum genótipo se destacou em relação aos demais, apenas o RB98710 e o RB961003 superaram o genótipo RB99383. No ciclo cana-soca, o genótipo RB991552 foi melhor apenas que os genótipos RB961003, RB92579, RB9364 e RB99383, não diferindo dos demais.

6 – Tanto a produtividade de colmos por hectare como a produção de açúcares por hectare sofrem efeito da interação genótipo-ciclo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M. L. **Crescimento e produtividade de variedade de cana RB em dois cultivos de sequeiro na região de Rio Largo (AL)**. 29 p. UFAL, 2008.

ANDRADE, L. A. de B. **Cultura da cana-de-açúcar**. In: CARDOSO, M. das G. (Ed.) **Produção de aguardente de cana-de-açúcar**. Lavras: UFLA, 2001. p. 19-49.

ALFONSI, R. R.; PEDRO, M. J.; BRUNINI, O.; BARBIERI, V. (1987), **Condições climática para a cana-de-açúcar**. In: **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**, 1987. São Paulo: Fundação Cargill, 1, 856p.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop requirements**. Roma: FAO, 1998. 328 p. (Irrigation and drainage paper, 56).

ALMEIDA, A. C. S. **Desenvolvimento vegetativo e produção de cana-de-açúcar versus graus-dia e disponibilidade hídrica**. TCC Universidade Federal de Alagoas, 2006, 22p.

AZEVEDO, H. J. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Araras: Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-açúcar, 1981. 108p. (Monografia), 108p. 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.

BACCHI, O. O. S. Botânica da cana-de-açúcar In: Orlando Filho, J. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR, 1983. p.25-37.

BACHI, O. O. S.; SOUZA, J. A. G. C. Minimum threshold temperature for sugar cane growth. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 1978, São Paulo, SP. Proceedings... São Paulo, 1978. V. 2, p. 1733-1741.

BARBIERI, V. **Medidas e estimativas de consumo hídrico na cana-de-açúcar (*Saccharum ssp.*)**. 1981. 82 p. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1981.

BISWAS, B. C. **Agroclimatology of the sugar cane crop. World meteorological organization**. Technical note. 193 WMO. N° 703 Geneva Switzerland. 1988.

Boletim Técnico Copersucar- **Avaliação do comportamento de novos híbridos**, v. 15, ano 1981. p. 14 e 15.

CAMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Princípios básicos do geoprocessamento. In: ASSAD, E.; SANO, E. (Org.). **Sistema de Informações Geográficas: Aplicação na agricultura**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, CPAC, 1998. p. 3-12.

CARVALHO, G. L. **Eficiência da produção agrícola de cana-de-açúcar no estado de São Paulo entre as safras 1990/1991 e 2005/2006**; Piracicaba, SP 37-38p. 2009.

CESNIK, R., MIOCQUE, J. **Melhoramento da cana-de-açúcar**. Embrapa Informações Tecnológicas. Brasília, DF. 2004. 307p.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO 2011. **Avaliação da safra agrícola de cana-de-açúcar 2012/2013**. Disponível em <http://www.conab.gov.br/conabweb/safra.pdf>. Acessado em 12/03/2014.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO 2012. **3º Levantamento cana-de-açúcar- Dez/2013**. Disponível em http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_12_12_10_34_43_boletim_cana_portugues_12_2014.pdf Acessado em 04/01/2014.

DAKER, A. **A água na agricultura** 6ª ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, v. 3, 1984.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A. H. **Las necesidades de agua de los cultivos**. Roma: FAO 1979. 193p. (Estudios FAO: Yield response to water, paper 33).

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. Guidelines for predicting crop water requirements, Irrigation and Drainage. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1975. 193 (Paper, 33).

FELIPE, D. C.; **Produtividade da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) Submetida a diferentes épocas de plantio e adubação mineral**. P.3-7. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba- Centro de Ciências Agrárias, Areia, 2008.

FERNANDES, A. J. **MANUAL DA CANA-DE-AÇÚCAR**. Piracicaba: Livroceres 1984. 196p.

FERREIRA JUNIOR R. A. **CRESCIMENTO DE VARIEDADES RB DE CANA-DE-AÇÚCAR IRRIGADAS E FOTOSSÍNTESE MODELADA PELA RADIAÇÃO SOLAR** P. 30-40 Dissertação (Mestrado em Agronomia), 2010.

FIGUEIREDO, P. **Breve história da cana-de-açúcar e o papel do Instituto Agrônômico no seu estabelecimento no Brasil**. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M. de; ANDRADE LANDELL, M. G. de. **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2008. p. 31-45.

GASCHO, G. J.; SHIH, S. F. Sugarcane. In: TEARE, I. D.; PEET, M. M. **Crop- water relations**. New York: John Wiley. 1983. 547p. 63p.

HERMANN, E. R.; CAMARA, G. M. S. Um método simples para estimar a área foliar de cana-de-açúcar. **Stab. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 17, n. 5, p. 32-35, 1999.

INMAN-BAMBER, N. G. **Temperature and seasonal effects on canopy development and light interception of sugarcane**. *Field Crops Research* 36: 41-51, 1993.

INMAN-BAMBER, G.; SMITH, D. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 92, n. 2/3, p. 185-202, 2005.

JACKSON, I. J. **Climate water and agriculture in tropics**. London: Longman 1979, 248p.

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

LEME, E. J. A., M. A. MANIERO & J. C. GUIDOLIN. **Estimativa da área foliar da cana-de-açúcar e sua relação com a produtividade**. Cadernos Planalsucar, 2: 3-22, 1984.

LIU D. L.; KINGSTON G.; BULL T. A. A new technique for determining the thermal parameters of phenological development in sugarcane, including suboptimum and supra-op, p.119-139, 1998.

LIU, D. L. Incorporating diurnal light variation and canopy light attenuation into analytical equations for calculating daily gross. **Ecology Modelling**. v.93, p.175-189, 1999.

LOPES, A. S. **Solos sob cerrado: características, propriedades e manejo**. 2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 1984. 162p.

MACHADO, E. C.; PEREIRA, A.; FAHL, J. I.; ARRUDA, H. V.; CIONE, J. Índices biométricos de duas variedades de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. V.17, n.9, p.1323-1329, 1982.

MANUAL BRASIL AGRÍCOLA: PRINCIPAIS PRODUTOS AGRÍCOLAS. São Paulo, Ícone, 1999.

MARCHIORI, L. F. S. **Influência da época de plantio e corte na produtividade de cana-de-açúcar**. Piracicaba, Tese de doutorado – Escola Superior Luiz de Queiroz, 2004.

MARTINS, F. B.; REIS D. F.; PINHEIRO M. V. M. **Temperatura base e filocrono em duas cultivares de oliveira**. Revista ciência Rural, Santa Maria, V.42 n.11, p 1975-1981 2012.

PEREIRA, L.; ALLEN, R. G. Novas aproximações aos coeficientes culturais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.16, n.4, p.118-43, 1997.

PEREIRA, A. R. Simplificando o balanço hídrico de thornthwaite-mather. Agrometeorologia. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.2, p.311-313, 2005.

RAIZER, A. J.; VENCOSKY, R. Estabilidade fenotípica de novas variedades de cana-de-açúcar para o Estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n. 12, p.2241–2246, 1999.

SAMPAIO NETO, G. D. **Balanço hídrico e produtividade de variedades de cana-de-açúcar**. Rio Largo (AL), p. 29-39, 2010.

SEGATO, S. V. et al. **Atualização em Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba-SP Editora Prol., 2006, p. 19-36.

SIGUITANI, C. **Entendendo o Crescimento e a produção da cana-de-açúcar: avaliação do Modelo Mosaic**. 2006. 62p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

SMITH, M. **Report on the expert consultation on revision of FAO methodologies for crop water requirements**. Rome: FAO. 1991. 45p.

SOUZA, J. L.; MOURA FILHO, G.; LYRA, R. F. F.; TEODORO, I.; SANTOS, E. A.; SILVA, J. L.; SILVA, P. R. T.; CARDIM, A. H.; AMORIN, E. C. 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**. Tradução de L. R. Santarém. 3. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TEODORO, I. **Avaliação energética e hídrica no desenvolvimento da cultura do milho irrigado, na região de Rio Largo – AL**. 2003. 108f. Dissertação (Mestrado em meteorologia) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2003.

TEODORO, I.; SOUZA, J. L.; BARBOSA, G. V.; MOURA FILHO, G.; DANTAS NETO, J.; ABREU, M. L. de. 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.

TERAMOTO, E. R. **Avaliação e aplicação de modelos de estimativa de produção de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*), baseadas em parâmetros do solo e clima**. Piracicaba, 2003, 86p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

THORNTWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance**. Ceteron, NJ: rexel institute of technology-

Laboratory, 1957. 311p. (Publications in Climatology, vol. 10, n.3)
<http://www.sugarcane crops.com/p/climate/> ACESSADO EM 27/03/2012

YATES, R. A. **The Environment for Sugarcane.** Roma, FAO. 1977.18p.