



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



HÉLIO MOREIRA DA SILVA JÚNIOR

**AVALIAÇÃO DE DUAS CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDAS
A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO
SUBSUPERFICIAL, NO NOROESTE PAULISTA**

BOTUCATU - SP

Dezembro – 2015

HÉLIO MOREIRA DA SILVA JÚNIOR

**AVALIAÇÃO DE DUAS CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDAS A
DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO
SUBSUPERFICIAL, NO NOROESTE PAULISTA**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu,
para obtenção do título de Doutor em
Agronomia.(Irrigação e Drenagem)

Orientador: Prof. Dr. João Carlos Cury Saad.

BOTUCATU - SP

Dezembro - 2015

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

S586a Silva Júnior, Hélio Moreira da, 1984-
Avaliação de duas cultivares de cana-de-açúcar submetidas a diferentes lâminas de irrigação por gotejamento subsuperficial, no noroeste paulista / Hélio Moreira da Silva Júnior. - Botucatu : [s.n.], 2015
100 p. : fots. color., grafs., ils. color., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2015

Orientador: João Carlos Cury Saad

Inclui bibliografia

1. Cana-de-açúcar - Irrigação. 2. Biocombustíveis. 3. Evapotranspiração. 4. Biomassa. I. Saad, João Carlos Cury. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. IV. Título.

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"

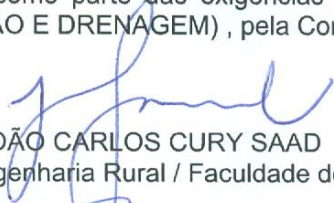
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: AVALIAÇÃO DE DUAS CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDAS A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL, NO NORDESTE PAULISTA

AUTOR: HÉLIO MOREIRA DA SILVA JÚNIOR

ORIENTADOR: Prof. Dr. JOÃO CARLOS CURY SAAD

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


Prof. Dr. JOÃO CARLOS CURY SAAD
Dep de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agronomicas de Botucatu


Prof. Dr. RAUL ANDRES MARTINEZ URIBE
Departamento de Engenharia de Biossistemas/ UNESP de Tupã


Prof. Dr. ALEXANDRE BARCELLOS DALRI
Departamento de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. JÚLIO CÉSAR THOALDO ROMEIRO
Diretoria Técnica/ Cati - Coordenadoria de Assistência Técnica Integral de Botucatu


Prof. Dr. MARCELO DE ALMEIDA SILVA
Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agronomicas de Botucatu

Data da realização: 17 de dezembro de 2015.

Dedicatória

Dedico a minha mãe, Maria Aparecida Abrão Moreira, que apesar das dificuldades foi determinante para minha educação; a meu pai, Hélio Moreira da Silva; e às minhas irmãs, Flavia Moreira da Silva (*in memoriam*) e Fernanda Moreira da Silva, que contribuíram na minha formação e me incentivaram durante toda vida.

Aos meus amigos que estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

A Deus, supremo Arquiteto do Universo, por toda graça alcançada;

Aos colegas de turma, pelo companheirismo e pela boa convivência que tivemos durante o curso;

Aos meus familiares por tudo que fizeram;

Ao Professor Dr. João Carlos Cury Saad, pela orientação, incentivo, confiança, dedicação, companheirismo e conhecimentos repassados;

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Irrigação e Drenagem;

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural, Gilberto, Djair.

A faculdade FCA Júlio de Mesquita Filho

Ao produtor Alex Salla por fornecer mudas para o plantio e à usina Revati pelas análises realizadas.

A todos, meus sinceros agradecimentos

RESUMO

Um dos principais problemas que limita a produtividade e a longevidade dos canaviais brasileiros são as restrições climáticas, principalmente devido à distribuição irregular das chuvas ao longo do ano. Tal problema pode ser minimizado com o uso da irrigação, no entanto, há necessidade de se determinar criteriosamente a lâmina de máxima eficiência. O presente trabalho teve por objetivo avaliar o crescimento e os componentes de produção de duas cultivares de cana-de-açúcar, submetidas a diferentes lâminas de irrigação, em três ciclos de cultivo. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com arranjo fatorial (2 x 6), sendo duas cultivares de cana-de-açúcar (RB92579 e RB855453) e seis lâminas de irrigação (testemunha, 50%, 75%, 100%, 125%, 150% da evapotranspiração da cultura, ETc), com quatro repetições. Durante a condução do experimento foram obtidas as seguintes variáveis, a cada quatro meses: perfilhamento; altura de plantas; índice de área foliar (IAF); comprimento, largura e número das folhas; área foliar. As cultivares RB855453 e RB92579 responderam às lâminas de irrigação. Quanto à matéria seca, a RB92579 apresentou resultados semelhantes em todas as lâminas avaliadas, enquanto a RB855453 apresentou melhor resultado entre as lâminas 100 e 150% da ETc. Para acúmulo de açúcar por ha a cultivar RB855453 foi superior à RB92579, quando irrigada. Para ATR, a cultivar RB92579 obteve melhores resultados nas lâminas: testemunha, 75, 100 e 125% ETc. Já a cultivar RB855453 obteve melhores valores de ATR nas lâminas: testemunha e 125% ETc e redução em 75% da ETc. Como a comercialização da cana é por R\$.t⁻¹ ou por ATR, a cultivar RB92579 foi a mais rentável na lâmina com 125% da ETc, que se mostrou a mais produtiva para TCH e ATR. A cultivar RB855453 caracterizou-se como grande produtora de matéria fresca e também de açúcar, especialmente na lâmina 125% da ETc.

Palavras-Chave: Bioenergia, produtividade, irrigação, *saccharum* spp., evapotranspiração.

ABSTRACT

One of the main problems that reduces productivity and longevity of Brazilian sugarcane are the climatic constraints, mainly due to the irregular distribution of rainfall during the year. Such problem can be minimized with the use of irrigation, however, it is necessary to estimate criteriously the water depth of maximum efficiency. The present study aimed to evaluate the growth and production components of two cultivars of sugarcane, subjected to different water depths in three growing cycles. The experimental design was randomized in blocks with factorial arrangement (2 x 6), given by two varieties of sugar cane (RB92579 and RB855453), six irrigation depths (testify, 50%, 75%, 100%, 125%, 150% of the crop evapotranspiration, ETc), and with four repetitions. During the experiment the following variables were evaluated, every four months: tillering; plants height; leaf area index (LAI); length, width and number of leaves; leaf area. The varieties RB855453 and RB92579 responded to water depths. About the amount of dry matter, the RB92579 presented similar results in all the water depths evaluated, while RB855453 showed better results with water depths between 100 and 150% of ETc. The variety RB855453 showed higher values than RB92579 for accumulation of sugar per area, when irrigated. For ATR, the RB92579 obtained the best results in growing on the treatments: testify, 75, 100 and 125 of ETc. The variety RB855453 obtained the ATR best values with testify and 125% ETc and the worst value with 75% ETc. Once the sugarcane marketing is given by R\$ t⁻¹ or for ATR, the variety RB92579 was the most profitable with the depth 125% ETc, showing the highest values of TCH and ATR. The variety RB855453 was characterized and classified as a great producer of fresh matter and sugar with the treatment 125% of ETc.

Keywords: Bioenergy, productivity, irrigation, saccharum spp., evapotranspiration.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estádios de desenvolvimento da cana.....	33
Figura 2 - Precipitação pluvial média mensal, em mm, ocorrida entre os anos 1990 e 2011 na região de Penápolis – SP.....	44
Figura 3 - Abertura de sulcos (à esquerda) e sulcos prontos (à direita).....	47
Figura 4 - Sistema de plantio da cana-de-açúcar.....	48
Figura 5 - Esquema do espaçamento das linhas de cana e da irrigação.....	48
Figura 6 - Croqui da área experimental com a localização dos tratamentos e suas repetições.....	51
Figura 7 - Cavaletes com os hidrômetros.....	53
Figura 8 - Pesagem da cana-de-açúcar em campo.....	59
Figura 9 - Curva de produtividade para fase de maturação de TCH para a cultivar RB855453.....	73
Figura 10 - Curva de produtividade para fase de maturação de TCH para a cultivar RB855453.....	75
Figura 11 - Curva de produtividade de TCH para a cultivar RB92579.....	89
Figura 12 - Curva de produtividade acúmulo de açúcar recuperável (Kg de ATR.ha-1) para a cultivar de cana-de-açúcar RB92579.....	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características químicas do solo da área experimental (macronutrientes), 180 dias antes do plantio, 80 dias após o plantio e após a colheita.....	45
Tabela 2 - Características químicas do solo da área experimental (micronutrientes), 180 dias antes do plantio, 80 dias após o plantio e após a colheita.....	45
Tabela 3- Características físicas do solo da área experimental em diferentes camadas.	46
Tabela 4 - Valores de Kc para a cultura da cana-de-açúcar em diversas fases de desenvolvimento.	54
Tabela 5 - Precipitação pluvial (P) e lâminas de irrigação em cana-de-açúcar, em segundo ciclo de cultivo, entre agosto de 2013 e julho de 2014 (soca 1).	56
Tabela 6 - Precipitação pluvial (P) e lâminas de irrigação, em cana-de-açúcar, em terceiro ciclo de cultivo, entre agosto de 2014 e julho de 2015 (soca 2).	57
Tabela 7 - Número de perfilhos da cultivar RB855453 para as seis lâminas avaliadas, nas três avaliações durante o ano safra 2013/2014 (soca 1).	61
Tabela 8 - Número de perfilhos da cultivar RB855453 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2014/2015 (soca 2).....	62
Tabela 9 - Valores médios da altura, em cm, da cultivar RB855453 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2013/2014 (soca 1).	63
Tabela 10- Valores médios da altura, em cm, da cultivar RB855453 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2014/2015 (soca 2).	63
Tabela 11 - Valores médios em cm do diâmetro da cultivar RB855453 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2013/2014 (soca 1).	64
Tabela 12 - Valores médios em cm do diâmetro da cultivar RB855453 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2014/2015 (soca 2).	64
Tabela 13 - Valores médios em centímetro do comprimento da folha da cultivar RB855453 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2013/2014 (soca 1).	65

Tabela 14 - Valores médios em centímetro do comprimento da folha da cultivar RB855453 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2014/2015 (soca 2).....	66
Tabela 15- Valores médios, em cm, da largura da folha da cultivar RB855453 para os seis tratamentos e três avaliações, durante o ano safra 2013/2014 (soca 1).....	67
Tabela 16 - Valores médios, em cm, da largura da folha da cultivar RB855453 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2014/2015 (soca 2).	67
Tabela 17- Valores médios de número de folha da cultivar RB855453 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2013/2014 (soca 1).	68
Tabela 18 - Valores médios de número de folha da cultivar RB855453 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2014/2015 (soca 2).	69
Tabela 19- Valores médios de área foliar da cultivar RB855453 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2013/2014 (soca 1).	70
Tabela 20 - Valores médios de área foliar da cultivar RB855453 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2014/2015 (soca 2).	70
Tabela 21- Valores médios do índice de área foliar da cultivar RB855453 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2013/2014 (soca 1).	71
Tabela 22 - Valores médios do índice de área foliar da cultivar RB855453 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2014/2015 (soca 2).	71
Tabela 23 - Valores médios de produtividade (TCH) da cultivar RB855453 para os seis tratamentos, durante 3 ciclos.....	72
Tabela 24 - Valores médios da variável matéria seca (MS) para a cultivar de cana-de-açúcar RB855453, nos três anos de avaliação e para os seis tratamentos com lâminas de água.....	73
Tabela 25 - Valores médios da variável ATR para a cultivar de cana-de-açúcar RB855453, nos três anos de avaliação e para os seis tratamentos com lâminas de água.....	74
Tabela 26 - Eficiência da lâmina de irrigação aplicada na cultivar de cana-de-açúcar RB92579.....	75
Tabela 27 - Número de perfilhos da cultivar RB92579 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2013/2014 (soca 1).	76
Tabela 28 - Número de perfilhos da cultivar RB92579 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2014/2015 (soca 2).	77

Tabela 29 - Valores médios da altura, em cm, da cultivar RB92579 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2013/2014 (soca 1).....	78
Tabela 30 - Valores médios em cm da altura da cultivar RB92579 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2014/2015 (soca 2).....	78
Tabela 31- Valores médios do diâmetro, em cm, da cultivar RB92579 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2013/2014 (soca 1).....	79
Tabela 32. Valores médios do diâmetro, em cm, da cultivar RB92579 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2014/2015 (soca 2).....	80
Tabela 33 - Valores médios, em cm, do comprimento da folha da cultivar RB92579 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2013/2014 (soca 1).	81
Tabela 34 - Valores médios, em cm, do comprimento da folha da cultivar RB92579 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2014/2015 (soca 2).	81
Tabela 35 - Valores médios em centímetro do largura da folha da cultivar RB92579 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2013/2014 (soca 1).	82
Tabela 36 - Valores médios em centímetro do largura da folha da cultivar RB92579 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2014/2015 (soca 2).	83
Tabela 37 - Valores médios de número de folha da cultivar RB92579 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2013/2014 (soca 1).....	84
Tabela 38 - Valores médios de número de folha da cultivar RB92579 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2014/2015 (soca 2).....	84
Tabela 39 - Valores médios de área foliar da cultivar RB92579 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2013/2014 (soca 1).....	85
Tabela 40 - Valores médios de área foliar da cultivar RB92579 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2014/2015 (soca 2).....	86
Tabela 41 - Valores médios do índice de área foliar da cultivar RB92579 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2013/2014 (soca 1).....	86
Tabela 42 - Valores médios do índice de área foliar da cultivar RB92579 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2014/2015 (soca 2).....	87

Tabela 43 - Valores médios de produtividade (TCH) da cultivar RB92579 para os seis tratamentos e uma avaliações ao final do ciclo durante três anos.....	88
Tabela 44 - Valores médios da variável matéria seca (MS) para a cultivar de cana-de-açúcar RB92579, nos três anos de avaliação e para os seis tratamentos com lâminas de irrigação (50, 75, 100, 125, 150% ETc e testemunha sem irrigação).	89
Tabela 45 - Valores médios da variável ATR para a cultivar de cana-de-açúcar RB92579, nos três anos de avaliação e para os seis tratamentos com lâminas de irrigação (50, 75, 100, 125, 150 % ETc e testemunha sem irrigação).	90

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ANA - Agência Nacional das Águas;
ATR - Açúcares totais recuperáveis;
CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento;
CAD - Capacidade de água disponível;
Ds - Densidade do solo (g dm^{-3});
DAP - Dias após o plantio;
DAC - Dias após o corte;
DAEP - Departamento de Água e Esgoto de Penápolis;
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EUA - Eficiência no uso da água (mm t^{-1} ou $\text{m}^3 \text{t}^{-1}$);
ETo - Evapotranspiração de referência (mm.d^{-1});
ETc - Evapotranspiração da cultura (mm.d^{-1});
I - Irrigação;
IAF - Índice de área foliar;
Kc - Coeficiente de cultura;
Kp - Coeficiente do tanque classe “A” (m);
Li - Lâmina de irrigação (mm);
MAPA – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
MS - Matéria seca;
n - Vida útil do sistema de irrigação;
OAA - Ácido Oxalacético
PUI - Período útil de industrialização;
PS – Carga hidráulica de serviço (mca);
P - Precipitação pluvial;
PC – Compensador de pressão
R - Valor residual;
SDI - *Subsurface drip irrigation*;
SI - Sem irrigação;
TAH - Tonelada de açúcar por hectare;
TCH - Tonelada de cana por hectare.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	23
2 OBJETIVOS	25
2.1 Objetivo geral	25
2.2 Objetivos específicos	25
3 REVISÃO DE LITERATURA	26
3.1 Histórico da cana-de-açúcar.....	26
3.2. Componentes da produção da cana-de-açúcar	27
3.2.1 Perfilhamento	28
3.2.2 Crescimento e largura da folha	30
3.3. Maturação	32
3.4 Déficit hídrico.....	33
3.5 Irrigação da cana-de-açúcar.....	35
3.5.1 Eficiência no uso da água	38
3.5.2 Gotejamento subsuperficial.....	39
3.5.3 Funções da produção.....	41
4. MATERIAL E MÉTODOS	43
4.1 Localização e características da área experimental.....	43
4.2. Aspectos gerais da RB855453 e RB92579	46
4.3 Preparo de solo, plantio, adubação e cultivares utilizadas	46
4.4 Controle das plantas daninhas	49
4.5 Delineamento experimental e tratamentos	49
4.6 Implantação do sistema de irrigação.....	52
4.7 Manejo da irrigação	53
4.8. Lâmina total aplicada	55
4.8.1 Eficiência do uso da água (EUA).....	58
4.9 Biometria	58
4.9.1 Matéria seca e produtividade agrícola.....	58
4.10 Análise estatística	59
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
5.1. Cultivar RB855453	60
5.1.1. Eficiência das lâminas de irrigação.	60

5.1.2. Perfilamento da cana-de-açúcar.....	61
5.1.3. Altura dos colmos.	62
5.1.4. Diâmetro dos colmos.	63
5.1.5. Comprimento das folhas.	64
5.1.6. Largura das folhas.	66
5.1.7. Número de folhas para cultivar	68
5.1.8. Área foliar.	69
5.1.9. Índice de área foliar (IAF).	70
5.1.10. Produtividade da cana-de-açúcar.	72
5.1.11. Matéria seca.	73
5.1.12. ATR.....	74
5.2. Cultivar RB92579.....	75
5.2.1. Eficiência das lâminas de irrigação.....	75
5.2.2. Perfilamento da cana-de-açúcar.....	76
5.2.3. Altura dos colmos.	77
5.2.4. Diâmetro dos colmos.	79
5.2.5. Comprimento das folhas.	80
5.2.6. Largura das folhas.	82
5.2.7. Número de folhas.....	83
5.2.8. Área foliar.	85
5.2.9. Índice de área foliar (IAF).	86
5.2.10. Produtividade da cana-de-açúcar.	88
5.2.11. Matéria seca.	89
5.2.12. ATR.....	90
6. CONCLUSÕES.....	92
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93

1 INTRODUÇÃO

Um dos maiores problemas da atualidade diz respeito às mudanças climáticas globais, consequência do aumento nos teores de gases atmosféricos causadores do efeito estufa, dentre eles o CO₂. Uma contribuição para reduzir este problema é a substituição dos combustíveis fósseis pelos renováveis, como o etanol, o biodiesel e a biomassa de cana-de-açúcar (bagaço e palhiço), pois quando queimados emitem carbono que será reabsorvido mediante o processo fotossintético no próximo cultivo da cultura.

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é uma opção dentre as fontes de energia renováveis, apresentando grande importância no cenário agrícola brasileiro, sendo considerada uma cultura de relevância social, econômica e ambiental.

A cana-de-açúcar foi introduzida no Brasil na época do Brasil Colônia, transformando a economia do país e tornando-se uma das principais culturas cultivadas, majoritariamente no estado de São Paulo. É produzida comercialmente em mais de 79 países e territórios, ocupando uma área de cerca de 26,4 milhões de hectares. A área de produção da cultura e a produtividade diferem amplamente de país para país. O Brasil tem a maior área cultivada (10,83 milhões de ha) (UDOP, 2015) com produtividade média de 74 t.ha⁻¹, ao passo que a Austrália tem produtividade média de 92 t.ha⁻¹ (FAO, 2008)

A alta produção de veículos bicombustíveis e a demanda mundial por combustíveis renováveis, em particular o etanol e a energia elétrica, impulsionaram a expansão da cana-de-açúcar (NÓBREGA e DORNELAS, 2006). O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar com uma produção estimada de 654,6 milhões de toneladas na safra 2015/2016, seguido pela Índia e Austrália.

No estado de São Paulo se encontra a maior produção nacional, representada por 350,6 milhões de toneladas, o equivalente a 53% da produção brasileira, com produtividade média de 72 t ha⁻¹ (CONAB, 2015). Entretanto, em algumas regiões do estado, as ocorrências de veranicos e a má distribuição das chuvas causam redução na produtividade e na longevidade dos canaviais. Associada à condição de déficit hídrico está a baixa produtividade e, por isso, o aumento da produção de cana-de-açúcar no Brasil não passa apenas pela ampliação da área cultivada, existindo outros meios como o desenvolvimento de novas cultivares resistentes a pragas e à seca, bem como pela implantação da irrigação.

A quantificação da lâmina de irrigação que gera máxima eficiência econômica na cultura da cana-de-açúcar é extremamente importante, pois a falta ou excesso de água em alguns estádios limita o desenvolvimento e o rendimento da cultura causada pela diminuição na absorção de nutrientes. O déficit hídrico pode ser desejável apenas no período de maturação, visando o aumento dos teores de açúcares e favorecendo o trabalho das máquinas no momento da colheita.

Pesquisas que visam à seleção de cultivares tolerantes aos estresses abióticos têm sido realizadas no Brasil. Alguns procedimentos como análise de crescimento e avaliação econômica permitem quantificar as taxas de crescimento e a viabilidade técnica-econômica da cana-de-açúcar irrigada (JORNAL CANA, 2015).

A análise de crescimento é considerada um método-padrão para medir a produtividade biológica de uma cultura, sendo uma ferramenta que permite avaliar o crescimento sob diferentes condições de cultivo (Benincasa, 2003; Oliveira et al., 2004), tendo em vista que tais parâmetros expressam a combinação dos efeitos genéticos e ambientais, bem como os mecanismos fisiológicos e bioquímicos que conferem tolerância ao estresse hídrico (YEO, 1999).

Fatores ambientais e genéticos interferem na absorção, translocação, acúmulo e utilização dos nutrientes minerais pelas plantas. A disponibilidade hídrica é o principal, pois a água é o veículo de condução dos elementos minerais até a raiz e no interior da planta, além de interferir na fisiologia, também interfere na dinâmica de absorção e utilização dos nutrientes (FERREIRA et al., 2008).

Apesar de o Brasil ser o maior produtor mundial de cana-de-açúcar e São Paulo o estado com maior produção, ambos ainda apresentam baixos rendimentos agrícolas, em função da falta de difusão de tecnologia, principalmente no que diz respeito ao uso da irrigação.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo desta pesquisa foi determinar a lâmina de água de máxima eficiência hídrica em dois cultivares de cana-de-açúcar no noroeste paulista.

2.2 Objetivos específicos

Analisar o acúmulo de matéria seca da cultura em sistema de sequeiro e irrigado;

Analisar o efeito das lâminas de irrigação nas características biométricas e nos fatores de produção.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Histórico da cana-de-açúcar

A cultura da cana-de-açúcar teve sua origem no continente asiático, nos países da Indonésia e Nova Guiné, localizados ao norte do continente australiano. Sua disseminação ocorreu pelas regiões de clima tropical, porém só foi usada como produtora de açúcar na Índia de clima tropical. Os primeiros povos que desenvolveram técnicas de produção de açúcar a base de cana-de-açúcar foram os persas, assim como também foram eles que estabeleceram rotas de comércio de açúcar entre os países da Ásia e África. No Brasil, a tecnologia açucareira foi inserida pelos holandeses no período colonial (DELGADO e CESAR, 1977).

Era considerada planta silvestre e foi levada para o sul asiático, sendo usada na forma de xarope. Por ser uma cultura típica de clima tropical e subtropical, encontrou condições excelentes para o desenvolvimento na América, diferentemente do seu cultivo na Europa, onde não obteve sucesso (SEGATO et al.,2006).

No século XVII, com o auxílio dos holandeses, houve o aumento na produção brasileira de açúcar. Por volta do século XVIII, ocorreu uma queda no setor pela concorrência com o mercado europeu, no qual os holandeses perderam pontos estratégicos no comércio de açúcar. Nos séculos XIX e XX o setor sucroenergético passou por períodos de oscilação novamente pela concorrência no mercado (MARQUES et al., 2001).

Em meados da década de 70, a produção de etanol tornou-se significativa a partir da cana-de-açúcar e esse produto passou a absorver parte da matéria prima destinada à produção de açúcar, segundo Segato et al.(2006).

3.2. Componentes da produção da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar pertence à família Poácea, da classe das Liliopsida e da Ordem Cyperales e caracteriza-se por apresentar flores pequenas, sem perianto e protegidas por brácteas secas, reunidas em inflorescências. Possui um tipo de caule em que nós e entrenós são bem visíveis, segundo Paranhos (1987).

Segundo Alencar (2012), a cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma gramínea semiperene e apresenta um bom desenvolvimento nos solos em que haja boa aeração e drenagem. O primeiro ciclo da cultura, denominado cana-planta, é definido quando a cultura não teve ainda seu primeiro corte. Seu período da cana-planta pode ser de 12 ou 18 meses, dependendo da cultivar.

Quando ocorre o primeiro corte, o período de cana-planta é encerrado e se inicia o ciclo denominado cana soca. Quando se encontra neste ciclo a cultura apresenta como característica o fato de ser semiperene, permitindo vários cortes sem que haja a necessidade do replantio, mas a cada safra é necessária a aplicação de insumos agrícolas de modo que a cultura continue com produtividades vantajosas (ALENCAR, 2012).

Para a produção da cultura é determinante a interação da planta com o ambiente e a produção da matéria seca relaciona-se diretamente com a interceptação da radiação solar, ocorrendo a transformação da energia solar em energia química através da fotossíntese (TERUEL et al., 1997).

A cana-de-açúcar habitua-se às condições de intensidade luminosa elevada, altas temperaturas e relativa escassez de água, já que aproximadamente 70% do seu peso é composto por água. Sua capacidade de absorção de água pelas folhas é maior do que em outra poácea, porém são as raízes que absorvem maior quantidade. Os chuviscos e o orvalho da madrugada que não chegam a atingir o solo auxiliam na absorção pelas folhas (SEGATO et al., 2006).

Segundo Segato et al. (2006), uma planta considerada C4 é aquela capaz de formar compostos orgânicos com quatro carbonos e a cana-de-açúcar é classificada nessa classe por possuir esse metabolismo sintético. Plantas com esse metabolismo são mais eficientes na conversão de energia radiante em química, comparativamente com plantas com metabolismo C3; apresentam taxas fotossintéticas que podem chegar até 100 mg de CO₂ fixado por dm² de área foliar por hora. Plantas do tipo C4 chegam a acumular até o dobro de biomassa que as plantas C3, como por exemplo,

a soja. Ademais, as plantas com metabolismo C4 usam a água com eficiência superior, em ambientes secos (ALENCAR, 2012).

A estrutura responsável pela produção de grande parte dos carboidratos que são essenciais para o crescimento e desenvolvimento dos vegetais é a folha, como indica Hermann e Câmara (1999), sendo responsável por 90% da matéria seca acumulada nas plantas que é resultante da atividade fotossintética (BENINCASA, 2003).

Rodrigues (1995) explica que a fotossíntese se correlaciona de maneira negativa com a largura das folhas e positivamente com a sua espessura. Caso a folha apresente uma posição vertical no colmo, a fotossíntese será mais eficaz, consequência de uma penetração mais eficiente da luz no dossel. Outro fator que altera o processo da fotossíntese é a idade da folha, já que as folhas mais velhas realizam este processo semelhante às plantas C3.

3.2.1 Perfilhamento

Perfilhamento é o processo de emissão de colmos pela planta. Vários fatores tais como cultivar, luz, temperatura, irrigação (umidade do solo) e uso de fertilizantes auxiliam nesse processo. Segundo Gascho & Shih (1983), o perfilhamento é regulado por hormônios, resultando no crescimento de brotos que vão para a superfície do solo. Os brotos aparecem de 20 a 30 dias após a emergência do colmo primário e por meio desse processo ocasiona a formação da touceira da cana-de-açúcar e dos colmos que serão colhidos. É importante destacar que a formação do sistema radicular da touceira é resultado do desenvolvimento das raízes de cada perfilho.

Quando há a emissão do perfilho primário, inicia-se o crescimento e desenvolvimento de raízes, cuja finalidade é a absorção de água e nutrientes do solo, não dependendo mais das reservas de tolete (SILVA et al., 2010).

Para Machado et al. (1982), na fase inicial do desenvolvimento da cana-de-açúcar ocorre o perfilhamento, depois dessa fase há redução no número de colmos, decrescendo vagarosamente até a colheita.

Quando se atinge a maior quantidade de novos perfilhos é a fase denominada de intenso perfilhamento, em que algumas cultivares podem produzir mais de 25 por touceira, como cita Segato et al. (2006).

A luz é o mais importante fator externo que influencia no perfilhamento. Christoffoleti (1986) observou essa característica quando avaliou plantas cultivadas em casa-de-vegetação com baixa intensidade luminosa e notou uma grande

quantidade de perfilhos mortos, porém o mesmo não ocorreu quando o experimento foi realizado em ambiente de maior incidência solar.

Temperatura ao redor de 30°C é considerada ideal para o perfilhamento e abaixo de 20 °C retarda sua ocorrência, como cita Casagrande (1991). Para Akin (1989) a irrigação é uma das alternativas para diminuir os efeitos do déficit hídrico, contudo nem sempre é uma alternativa viável, ou por falta de recursos hídricos ou pelo custo elevado de implantação e manutenção, ou ainda por questões ambientais.

O perfilhamento em cana-de-açúcar atinge seu pico máximo no período entre 120 e 180 dias após o plantio, para um grande número de cultivares plantadas pelo método tradicional, quando os perfilhos maiores alcançam em torno de 50 cm de altura do colo até a lígula da folha +1, dando início à afluência por luz, água, nutrientes e espaço (TOKESHI, 1986).

Estabilizar o número de perfilhos é desejável para que posteriormente, com o crescimento de colmos dominantes, ocorra o decréscimo com a eliminação dos mais novos e doentes (SEGATO et al., 2006).

Na fase de perfilhamento, o sistema radicular já está bem desenvolvido e caso exista um atraso no desenvolvimento na fase de crescimento, será por algum impedimento físico, químico ou biológico. Apesar de a radiação solar ser de extrema importância para a formação e crescimento dos perfilhos, quando as intensidades luminosas estão em excesso a cultura poderá promover a foto-oxidação do ápice, onde provocará a redução do alongamento e aumento no número de perfilhos (BEZUIDENHOUT et al., 2003).

Para Almeida et al. (2008), temperaturas entre 25°C e 27°C, associadas à irrigação adequada, favorecem o desenvolvimento de novos perfilhos. O estresse hídrico causará redução na emissão dos mesmos, paralisando a sua divisão e alongamento celular, impedindo assim a diferenciação e crescimento de tecidos que originarão em novas estruturas da planta.

Bezuidenhout et al. (2003) relatam que a fase de perfilhamento da cana-de-açúcar exige uma quantidade maior de água para que haja o desenvolvimento vegetativo.

Em condições ambientais favoráveis, a cultivar RB92579 inicia o perfilhamento aproximadamente 40 dias após o plantio (DAP), apresentando maior perfilhamento até os 120 DAP e 60 DAC, dependendo da cultivar, podendo prolongar-se em até 150 dias (ALMEIDA et al., 2008).

Ao trabalhar com a cultivar RB75126, em condições de sequeiro, Santos et al. (2009) verificaram que o perfilhamento máximo ocorreu em 120 DAP. Quando Oliveira et al. (2005) estudaram o crescimento de três cultivares de cana-de-açúcar RB72454, RB855536 e RB855113 foi observado o máximo perfilhamento entre 180 e 240 DAP. Entretanto, Alvarez e Castro (1999) ao estudar o crescimento e o desenvolvimento da cultivar SP701143 de cana-de-açúcar, observaram um máximo perfilhamento entre os 101 e 131 dias após o corte para a cana colhida queimada e crua, respectivamente.

Com a interrupção do perfilhamento, as plantas estão mais desenvolvidas e crescem em altura e espessura, até ocorrer alguma limitação abiótica. O perfilhamento condiz ao segundo estágio fenológico que é responsável pelo estabelecimento da cultura e fornece às touceiras o número de colmos adequados à produção (CÂMARA, 1993).

Quanto maior o período de perfilhamento, maior a competição pelos fatores de crescimento, de modo que se constata a redução do perfilhamento pela queda e paralisação desse processo, além de morte de perfilhos. Já os colmos que sobreviveram à forte competição da fase de perfilhamento intenso continuam se desenvolvendo, acumulando sacarose em seus internódios na medida em que vão amadurecendo (CÂMARA, 1993).

3.2.2 Crescimento e largura da folha

Por apresentar um ótimo desenvolvimento em condições de temperaturas elevadas e suprimento hídrico adequado, os fatores abióticos possuem grande influência na produção da cultura, desde a emissão de brotos, crescimento e acúmulo de sacarose (CASTRO, 2000).

Inicialmente o seu crescimento é lento, devido à dependência das reservas contidas nos toletes; logo após há o desenvolvimento do sistema radicular e a emergência das folhas e plantas, com rápido crescimento decorrente da absorção da água e nutrientes do solo e da atividade fotossintética (LUCCHESI, 1987).

Na fase de alongamento do colmo, a cana-de-açúcar apresenta uma grande suscetibilidade ao déficit hídrico, com sérios prejuízos na produção de fitomassa e de sacarose (INMAN-BAMBER & SMITH, 2005). O alongamento celular e o desenvolvimento da cana-de-açúcar relacionam-se diretamente à umidade do solo.

No caso de déficit hídrico prolongado, maior será a formação de entrenós curtos e próximos, ocorrendo a redução do volume do parênquima utilizado para o armazenamento de sacarose (CÂMARA, 1993).

Já na fase de crescimento, ocorre maior absorção da radiação solar pela cana-de-açúcar. Essa absorção é incidente nas culturas e depende do Índice de Área Foliar (IAF), da posição em que se encontra o sol, da geometria e do tamanho da folha, ângulo de distribuição, do arranjo das plantas, da época do ano em que se encontra e nebulosidade (VARLET-GRANCHER et al., 1989), da espécie cultivada e das condições meteorológicas.

A formação do dossel exerce um papel fundamental no rendimento, interceptando a radiação solar, influenciando no processo de fotossíntese e na transpiração da cultura, bem como evitando o aparecimento de plantas daninhas, sendo considerado decisivo na produção agrícola (SMIT & SINGELS, 2006).

Inman-Bamber (2004) observa que o tempo de exposição à seca afeta no crescimento da planta, principalmente na produção de folhas, acelerando a senescência foliar, podendo diminuir a interceptação da radiação, a eficácia no uso de água e a fotossíntese, bem como aumentar a radiação transmitida à superfície do solo.

As folhas constituem órgãos que assimilam a radiação e surgem a partir do meristema apical. O desenvolvimento das plantas depende da conversão da energia luminosa em química, na qual a intensidade é proporcional à interceptação da luz pelo dossel, segundo Smit & Singels (2006). Uma vez que o dossel desenvolvido é ajustado pela temperatura e radiação, pode sofrer a interferência no seu desenvolvimento da densidade do plantio, dos estados hídrico e nutricional (SILGELS et al., 2005).

As folhas também são responsáveis por 90% da matéria seca acumulada na cana-de-açúcar (INMAN-BAMBER, 2004). Contudo, praticamente não há estudos sobre as características morfológicas foliares de cultivares de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica, dificultando o desenvolvimento de novas técnicas para seleção de cultivares tolerantes.

As alterações promovidas pela deficiência hídrica sobre a largura das folhas influenciam na área foliar da planta e no índice de área foliar, variáveis mais estudadas (INMANBAMBER, 2004). A capacidade de alterar a estrutura das folhas sob diferentes níveis de estresse é uma resposta das plantas que tem maior adaptação ao ambiente (CASTRO-DÍEZ et al., 1997; BUSSOTTI et al., 2000). A resposta da deficiência hídrica sobre a variável largura da folha +3, varia conforme a cultivar, não existindo um padrão.

As cultivares de cana-de-açúcar respondem diferentemente à deficiência hídrica em relação as suas características morfológicas foliares, sendo que aquelas cultivares que mantêm maior largura da folha, número de folhas verdes e área foliar por período prolongado de seca no início do desenvolvimento são mais produtivas (PINCELLI e SILVA, 2012).

3.3. Maturação

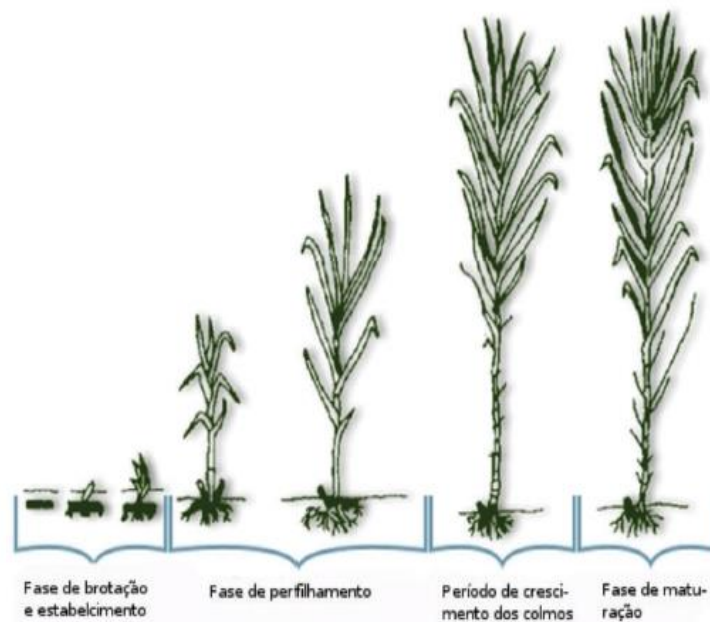
A maturação da cana é definida como um processo fisiológico que envolve a formação de açúcares nas folhas e seu deslocamento e armazenamento no colmo, podendo ser definida em três aspectos essa maturação (Rossetto, 1997): o aspecto botânico, em que a cana só é considerada madura quando há emissão de flores e formação de sementes (na reprodução por toletes, a maturação é considerada quando as gemas estão condicionadas a originar novas plantas); no processo fisiológico a maturação ocorre quando o colmo atinge o máximo de armazenamento de sacarose; e para finalizar o processo econômico é definido quando a cana atinge o teor mínimo de sacarose necessário para que possa ser viável industrialmente.

Devido à cana ser uma planta C4, apresenta uma alta eficiência fotossintética, resultando no acúmulo de maior taxa de sacarose (MCCORMICK et al., 2008). Quando o meio ambiente está desfavorável para o desenvolvimento vegetativo (baixa temperatura e baixa umidade do solo), a cana-de-açúcar intensifica o acúmulo de sacarose, o que geralmente ocorre entre 11 e 20 meses após o plantio, dependendo das características e época de plantio (CÂMARA, 1993).

A utilização de fertilizantes favorece o crescimento vegetativo da planta, porém atrasa a sua maturação. Para Silva et al. (2010), a elevada quantidade de nitrogênio existente na época da colheita leva ao baixo conteúdo de sacarose da planta, atrasando assim o seu processo maturação. A aplicação de vinhaça também pode interferir no acúmulo de sacarose, por ser constituída de água, matéria orgânica, nitrogênio e potássio.

É comum o emprego de práticas culturais de manejo de adubação e de irrigação com o objetivo de favorecer o amadurecimento da cana-de-açúcar com elevados teores de sacarose. Na medida em que as plantas apresentarem colmos bem desenvolvidos, a adubação nitrogenada e a irrigação devem ser limitadas para promover maior acúmulo de açúcar. Além destas práticas, o uso de maturadores tem sido amplamente utilizado (TERAMOTO, 2003).

Figura 1 - Estádios de desenvolvimento da cana.



Fonte: Gasho e Shih (1993)

3.4 Déficit hídrico

Qualquer fator que desencadeie uma reação de estresse acarretará em desvios nas condições ideais para o desenvolvimento da planta. Em algumas situações pode ser causada pela falta ou pelo excesso de água, levando à anoxia (LARCHER, 2006).

Cada planta tem limite de tolerância para um determinado fator estressante, a partir do qual podem ocorrer alterações profundas e permanentes, que irão variar entre espécies, genótipos e entre estágio de crescimento de um mesmo genótipo (SAMALLWOOD et al., 1999).

A baixa disponibilidade de água no solo afeta de maneira negativa o crescimento dos cultivos agrícolas, reduzindo sua produtividade (FLEXAS et al., 2006).

Quando o potencial hídrico no solo está em torno de $-1,3$ MPa, o alongamento celular da cana-de-açúcar é praticamente nulo. Entretanto, o alongamento das folhas é mais afetado pela falta de água do que o alongamento do colmo (INMAN-BAMBER et al., 2008).

A deficiência hídrica causa também morte da folha, restringindo o surgimento de novas folhas. O grau das alterações é devido à intensidade e ao genótipo cultivado (SMIT e SINGELS, 2006) e, conforme a fase fenológica da cultura, pode diminuir a produtividade. O período de maior suscetibilidade ao déficit hídrico é o de elevado desenvolvimento, quando as plantas apresentam grande área foliar e precisam de

maior quantidade de recursos hídricos para realização de trocas gasosas (PIRES et al., 2008).

Para Inman-Bamber e Smith (2005) se a cana-de-açúcar estiver suscetível à deficiência hídrica o prejuízo será maior na fase de alongamento dos colmos, gerando déficits na produção da fitomassa e da sacarose.

Em plantas jovens, em fase de alta demanda evaporativa, Inman-Bamber (2004) observou a redução de 25 a 35% da extensão da planta da cana-de-açúcar devido à restrição hídrica.

Machado et al. (2009) relataram que a cana-de-açúcar quando submetida ao déficit hídrico na fase inicial do seu crescimento exibiu uma redução na produção de fitomassa e de sólidos solúveis devido à menor condutância estomática e menor eficiência aparente de carboxilação e fotossíntese.

É de extrema importância o conhecimento das necessidades hídricas das cultivares, sobretudo em virtude da deficiência hídrica existente em áreas cultivadas com cana-de-açúcar no Brasil. Segundo Taiz e Zeiger (2004), déficit hídrico na planta ocorre quando todo conteúdo da água de uma célula ou tecido está abaixo da condição de maior hidratação da planta. Nesta situação a transpiração é maior que o fornecimento de água à cultura.

A água possui papel de extrema importância na produção agrícola. Verificando o efeito do déficit hídrico em cana-de-açúcar, na região de Rio Largo (AL), Gonçalves et al. (2009) constataram que a restrição hídrica causou redução na condutância estomática, transpiração e fotossíntese em quatro cultivares de cana-de-açúcar, com grandes efeitos ao se comparar o tratamento controle com a testemunha (sem irrigação). De acordo com Larcher (2006); Taiz e Zeiger (2004), quando submetida ao estresse severo, uma das primeiras respostas das plantas C4 pode ser o fechamento estomático, para minimizar a perda de água.

Chaves et al. (2009) relataram que a falta de água afetou muitos aspectos do metabolismo da cana-de-açúcar, especialmente a fotossíntese. Esse processo nas plantas é limitado pela restrição da abertura dos estômatos, devido ao déficit hídrico (YORDANOV et al., 2003). Essa resposta adaptativa é causada pelo fechamento parcial dos estômatos, que também afeta a disponibilidade de substrato (CO₂) para a fotossíntese (YORDANOV et al., 2003; FLEXAS et al., 2006), acarretando prejuízos na produção de carboidratos que seriam armazenados posteriormente (SINGELS et al., 2005).

Para Lucchesi (1997) a água representa cerca de 70% da massa verde e atua no transporte de solutos e gases, como reagente no metabolismo básico, na turgescência foliar, sendo responsável pela forma (estrutura das folhas, flores e frutos), no mecanismo de abertura e fechamento de estômatos, na penetração do sistema radicular no solo, e na expansão celular.

Entre os diversos efeitos negativos que o déficit hídrico proporciona, destaca-se a baixa produtividade. As plantas C4 apresentam mecanismos de aclimatação que são acionados em resposta ao déficit permitindo continuarem vivas (Taiz e Zeiger, 2006). Algumas cultivares da cana-de-açúcar têm a capacidade de diminuir o potencial hídrico sem reduzir a turgescência ou o volume celular (ajustamento osmótico) para se manterem vivas mas podem ter sua produtividade diminuída.

Segundo o estudo realizado por Ramesh e Mahadevaswamy (2000) quando há déficit hídrico em alguma fase de crescimento da cana-de-açúcar, ocorre redução do número de colmos viáveis para a colheita, além da redução da altura, do número de internódios e do peso dos colmos. Isso foi devido aos estresses severo e moderado sobre as diferentes fases do ciclo em quatro cultivares da cana-de-açúcar na Índia, ao avaliarem a mortalidade de perfilhos, as características morfológicas, sua produtividade e qualidade de matéria prima.

Quando não é possível o uso da irrigação, torna-se indispensável o conhecimento da fisiologia da cana-de-açúcar. A submissão a diversas condições hídricas pode ajudar em programas de melhoramento genético, já que a resistência ao déficit hídrico é uma importante característica para seleção de cultivares. Sendo assim, a utilização de irrigação de modo eficiente é a maneira mais efetiva para melhorar o conhecimento acerca das relações hídricas sobre a cana-de-açúcar (INMAN-BAMBER e SMITH, 2005).

3.5 Irrigação da cana-de-açúcar

Segundo Bernardo, Soares, Mantovani (2008), define-se irrigação como um método artificial para aplicação da água na agricultura, no qual o objetivo principal é viabilizar os cultivos nos locais onde a falta da água restringe a atividade agrícola. A adição de água pode ser feita de diversas maneiras, porém é uma técnica que não funciona isoladamente e sim com outras técnicas de manejo, afinal manter a umidade adequada no solo durante todo o período de crescimento é importante para que se obtenha os rendimentos potenciais da cultura, visto que o crescimento vegetativo é proporcional à água transpirada pela mesma.

A utilização de sistemas de irrigação subsuperficial por gotejamento traz maiores oportunidades para uma irrigação mais eficaz e ainda possibilita que se automatize todo o sistema. Pelo fato do sistema de campo permanecer enterrado, abre novas possibilidades para a total mecanização do processo produtivo. Para Gornat e Nogueira (2015) houve diferenças entre os processos de irrigação por gotejamento de superfície e o enterrado. O sistema subsuperficial ainda possibilita o uso da água de sistema saneamento para fins de irrigação. A utilização do gotejamento enterrado é viável quando se utiliza de técnicas adequadas de manejo do sistema, tendendo à racionalização no uso da água, energia e aumentando a produção (COELHO et al., 1999).

Quando se compara cultivo de sequeiro com irrigado, são muitos os benefícios desta atividade, especialmente o aumento de produtividade, ficando evidente que a água é um fator limitante para a expressão de todo o seu potencial produtivo, de maneira que associado a ela, são absorvidos todos nutrientes necessários para o desenvolvimento das plantas (DALRI, 2006).

A disponibilidade da água é considerada como uma das principais variáveis da produtividade agrícola nos diferentes solos do estado de São Paulo (VAN DEN BERG et al., 2000). De acordo com Doorenbos e Kassam (1979), um suprimento hídrico anual entre 1.500 a 2.000 mm é suficiente para atender as exigências da cana-de-açúcar. No entanto, em muitas regiões do país há uma má distribuição da precipitação pluvial, podendo chover até 70% do total anual em um determinado período e ocorrer deficiência hídrica em outros períodos, coincidindo às vezes com a fase de grande desenvolvimento da cana-de-açúcar (com maior exigência hídrica), contribuindo para as baixas produtividades (SOUZA et al., 2004).

A cana-de-açúcar possui quatro estádios fenológicos, que são: a brotação, o perfilhamento e estabelecimento da cultura; o período de grande crescimento (no qual necessita de grande quantidade de água) e a maturação fisiológica.

No primeiro estágio a cultura está mais sensível ao déficit hídrico, quando ocorre o estabelecimento inicial das plantas no campo, que é o enraizamento e emergência dos brotos (SEGATO et al., 2006).

Mozambani et al. (2006) explicaram que o segundo estágio é considerado resistente por ter ocorrido o estabelecimento da cultura e o último estágio, que é a maturação, pode ser estimulado por fatores ambientais como o estresse hídrico para acúmulo de açúcar. Desta forma, quando a cana-de-açúcar atinge o ponto de

crescimento adequado, ocorre a suspensão da irrigação visando promover sua maturação. Por isso, o uso da água no momento adequado e na quantidade necessária é de extrema importância para o sucesso da cana-de-açúcar irrigada.

Quanto ao manejo de irrigação, Dalri (2006) relatou que longos intervalos entre irrigações podem criar um elevado déficit de água no solo e, conseqüentemente, um estresse hídrico na cultura, prejudicando a exploração do seu máximo potencial produtivo.

De acordo com Caldwell et al. (1994), a consequência de alta umidade no solo será uma deficiência na sua aeração, podendo resultar em diminuição no volume do sistema radicular e redução na produção. Leiva e Barrantes (1998) afirmaram, em um trabalho realizado na Venezuela, que a frequência de irrigação por gotejamento subsuperficial na cultura da cana-de-açúcar deve ser entre três e cinco dias.

Na procura do aperfeiçoamento do uso e frequência das irrigações em sistemas de gotejamento subsuperficial, Dalri et al. (2008) observaram que lâminas de 10, 20 e 30 mm diários não proporcionaram diferença significativa na produtividade. Para turno de irrigação com alta frequência, o sistema radicular ficou estável. Para turno de irrigação com frequência mais longa, o sistema radicular ocupou maior volume de solo para maior absorção da água e suprimento das necessidades hídricas da planta. Portanto, turnos de irrigação menores beneficiaram a cultura.

Como a umidade do solo possui intensa importância para o crescimento e desenvolvimento das culturas, estima-se que a irrigação aumente em até 100% a produtividade da cana-de-açúcar, contribuindo assim para o aumento do número de cortes e mantendo uma alta produção, viabilizando investimentos para a implantação do sistema (DALRI et al., 2008).

Não existe um sistema de irrigação ideal, pois cada um pode ser caracterizado por vantagens e limitações que apresentam em relação aos demais. Algumas variáveis, como clima, solo, topografia, energia disponível na propriedade, mão-de-obra, disponibilidade e qualidade da água, determinam a escolha de um sistema de irrigação, visando sempre o compromisso de manter elevados os níveis de uniformidade e eficiência de aplicação da água, ao menor custo possível (DALRI, 2006).

Em cana-de-açúcar a irrigação deve ser suspensa antes da colheita para reduzir a compactação do solo e aumentar o teor de sacarose (ROBERTSON et al., 1999). Este processo é chamado “off secagem” não sendo visto como uma medida de

economia de água, e sim como uma forma de aumentar o teor de sacarose da cana-de-açúcar.

Bernardo, Soares e Mantovani (2008) evidenciaram a importância da irrigação na produtividade da cana-de-açúcar. À medida que se aumentou a quantidade de água aplicada (irrigação + precipitação), houve incrementos positivos de produtividade de TCH até atingir um valor máximo em 1600 mm. Após esse valor, houve decréscimo de rendimento com o aumento de lâmina total aplicada. Concluiu-se então que a água é um fator limitante à produção; à medida que se aumenta sua disponibilidade, a cultura pode expressar melhor o seu potencial produtivo até um determinado ponto, porém com o excesso de água no solo, que leva à baixa aeração na zona radicular e a lixiviação de nutrientes, a sua produtividade decresce.

3.5.1 Eficiência no uso da água

A eficiência do uso da água (EUA) (kg m^{-3} ou $\text{mm t}^{-1} \text{ha}^{-1}$) é definida como a relação entre a produtividade de uma cultura (kg ha^{-1} ou $\text{t}^{-1} \text{ha}^{-1}$) e o volume total de água utilizado nos processos fisiológicos da produção ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$). Para Doorembos & Kassam (1994), nos trópicos e subtropicais secos, a EUA na cana-de-açúcar, nos solos a 80% de água disponível, varia de 5 a 8 kg m^{-3} em termos de colmos; e de 0,6 a 1 kg m^{-3} em sacarose.

Farias et al. (2008) relataram que o açúcar diminui à medida que se aumenta a água total aplicada. A água participa de inúmeras reações químicas, responsáveis pela turgescência celular. Portanto, a diminuição na sua absorção implica na desidratação celular, comprometendo os processos fisiológicos e os elementos do crescimento das plantas (TAIZ & ZEIGER, 2006).

A contribuição da irrigação no aumento da produção de alimentos é um fato inegável. Para Christofidis (2001), 18% da área agrícola do mundo é irrigada, responsabilizando-se pela produção de cerca de 42% do montante de alimentos. Porém, a grande necessidade de água nas cidades e indústrias ameaça o uso desse insumo na irrigação, que é responsável pelo uso de aproximadamente 69% da água total.

O desenvolvimento da irrigação está condicionado a procedimentos tecnológicos e econômicos para aperfeiçoar o uso da água, melhorar a eficiência de uso e adequar ganhos na produtividade sem que haja comprometimento da disponibilidade e na sua qualidade (BERNARDO, SOARES e MANTOVANI, 2008).

Dentre as técnicas adotadas para aumentar os índices da agricultura irrigada, está o uso do gotejamento (SRINIVAS et al.,1989). A distribuição da água associada à manutenção de bons níveis de umidade no solo diminui o desperdício da água e o período de estresse, aumentando a eficiência no uso da água (SOUSA et al.,1999).

3.5.2 Gotejamento subsuperficial

O método de irrigação por gotejamento teve origem em Israel, em consequência da grande escassez dos recursos hídricos naquela região (MANFRINATO, 1985). Este método teve um grande crescimento nos anos 60 com a vinda das modernas indústrias de materiais plásticos. Nos EUA, teve início por volta de 1959, nos estados da Califórnia e Havaí, posteriormente se expandiu por todo o país. Em 1995, a área irrigada pelo método chegava a 5% de todo o território americano (AYARS et al., 1999).

Com o aumento da tecnologia, novos segmentos foram surgindo na área de irrigação por gotejamento, sendo um deles o gotejamento subsuperficial, com grande potencial de uso nas áreas irrigadas com cana-de-açúcar. No processo de instalação e operação do sistema de irrigação subsuperficial, alguns problemas podem ser percebidos com grande evidência, sendo o mais comum os problemas oriundos do entupimento dos emissores, causado pela penetração de raízes nos orifícios por onde a água é liberada. Esse problema é mais comum em emissores do tipo espiral (DASBERG & BRESLER, 1985). Segundo Dasberg & Bresler (1985); Keller & Bliesner (1990); Tallens (1994); Ayars et al. (1999) e Juan (2000) o método de irrigação subsuperficial passou por grandes aprimoramentos ao longo dos últimos anos, apresentando vantagens significativas, tais como: redução da água total requerida, por reduzir a irrigação a uma fração da área cultivada; melhor absorção da água e dos nutrientes por sua aplicação ser concentrada diretamente na zona onde se encontram as raízes das plantas; redução acentuada da evaporação, do acúmulo de plantas daninhas e da concentração de sais na superfície; menor interferência no processo de colheita das culturas; diminuição dos danos mecânicos causados no sistema de irrigação, pelo fato do mesmo estar protegido pelo solo. Esse método de irrigação apresenta baixas lixiviações de água, bem como de sais abaixo da zona radicular das culturas, devido à aplicação de pequenos volumes de água com uma maior frequência, erradicando quase que em sua totalidade a ocorrência de escoamento superficial. Melhora a sanidade das plantas devido a água não entrar em contato com as folhas, reduzindo assim algumas doenças comuns a essa prática.

Gornat e Nogueira (2015) relatam que no sistema de gotejamento subsuperficial há uma baixa ocorrência de problemas ligados ao corte ou desligamento de tubulações devido aos equipamentos de trabalho empregados nas lavouras durante os tratos culturais, pois as mangueiras gotejadoras ficam enterradas normalmente abaixo da linha de plantio.

Alguns problemas limitam o uso do sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial, sendo eles relacionados ao estabelecimento inicial dos cultivos. Por não umedecer toda a superfície do solo, o sistema não proporciona condições satisfatórias de umidade para a germinação de sementes ou pegamento de mudas, sendo comum e necessário a utilização do sistema por aspersão nesse período. Na cultura da cana-de-açúcar, essa prática recebe o nome de irrigação de salvação, ou seja, aquela que tem como objetivo garantir o estande de plantas na área, o que pode aumentar os custos de projeto (CAMP, 1998; PAVERO, 2002; GUSHIKEN, 1995).

O sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial exige um bom sistema de filtragem e é fundamental que haja o uso de válvulas de duplo efeito para prevenção de sucção e entrada de solo na tubulação, especialmente em áreas com declividade acentuada. Para se promover uma limpeza rápida e fácil, é necessário a instalação de tubos secundários para lavagem que são conectados aos finais de todas as linhas laterais. Existem gotejadores com dispositivos anti-sucção, impedindo a entrada de ar e de solução de solo porém um problema que ainda persiste é a entrada de raízes consequentemente provocando o entupimento (GORNAT & NOGUEIRA, 2015).

O sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial é recente, sofisticado e muito eficiente, promovendo maiores produtividades com maior eficiência no uso da água. Segundo Payero (2005), devido à aplicação de água ser diretamente no sistema radicular da cultura, com o uso de tubos de polietileno enterrado, em pequenas intensidades (1 a 20 L h^{-1}) e alta frequência, tal sistema permite que se mantenha a umidade do solo na zona radicular próxima à capacidade de campo (BERNARDO, SOARES e MANTOVANI; 2008).

A aplicação da água é feita por meio dos tubos perfurados com pequenos orifícios ou também por meio de gotejador inserido na mangueira. Existem diversos tipos e modelos, trabalhando com pressões que podem variar entre 5 e 40 mca, segundo Bernardo, Soares e Mantovani (2008). O gotejamento subsuperficial é uma variação do modo tradicional do gotejamento, no qual os tubos enterrados estão a uma profundidade de 15 a 40 cm, dependendo da cultura. Por se tratar de uma prática

relativamente nova em cana-de-açúcar, deve ser estudada quanto ao manejo da água e da cultura, bem como ao dimensionamento do projeto de irrigação (DALRI, 2006). O gotejamento subsuperficial, quando instalado, projetado e administrado de maneira correta pode apresentar eficiência maior que 95%.

Dalri (2001) verificou que a irrigação com gotejamento subsuperficial resultou no aumento de 45%, em média, da massa fresca de colmos e folhas em comparação com a condição sem irrigação. Relacionado ao manejo de sequeiro em cana-planta, primeiro e segundo soca, os incrementos na produtividade foram de 58,53%; 43,50% e 67,16%, respectivamente. Para Aguiar (2006), o ganho obtido com o gotejamento enterrado por meio do aumento da produtividade e longevidade do canavial pode afetar em 15 a 25% o custo da tonelada de cana produzida.

3.5.3 Funções da produção

As primeiras aplicações do método de função resposta ou função de produção na agricultura trataram do rendimento das culturas em relação à quantidade de fertilizantes no solo. Em seguida, outros fatores foram avaliados, dentre eles a irrigação (QUEIROZ et al., 1996).

A relação física entre as quantidades de insumos e quantidades físicas máximas do produto é denominada função de resposta da cultura. Desta maneira, a função resposta representa uma relação funcional entre o produto e o suprimento (FRIZZONE, 1993). Essas relações podem ser representadas por equações algébricas podendo assumir diversas formas a depender do solo, clima, cultura e de tratos culturais (AGUIAR, 2005), e dentre elas estão as funções polinomiais, de diversos graus, as quais têm sido amplamente utilizadas na agricultura.

Essa função de produção quando aplicada à agricultura irrigada tende à maximização de determinada quantidade de produto, a partir da disponibilidade de quantidade de recursos, sejam eles, água, adubo, entre outros, buscando sempre uma maior receita líquida.

Existe uma diferença entre o processo de produção e a função de produção. Processo significa cada fator que é preciso para que se produza certa quantidade de produto; já a função de produção constitui o máximo de produto que se pode obter a partir de uma quantidade de fatores (AGUIAR, 2005).

A avaliação da economia da irrigação envolve a quantificação da produtividade em relação à resposta do total da água consumida. A resposta da cultura caracteriza a aplicação de água e tem sido amplamente conhecida como função de produção

água-cultura (SOUSA et al., 1999). Dentre os modelos estatísticos, os que melhor se ajustam em relação água-productividade e os mais utilizados para as análises econômicas nas pesquisas são o quadrático, raiz quadrada e potência $3/2$ (Hexem & Heady, 1978), porém dentre eles destaca-se o modelo quadrático.

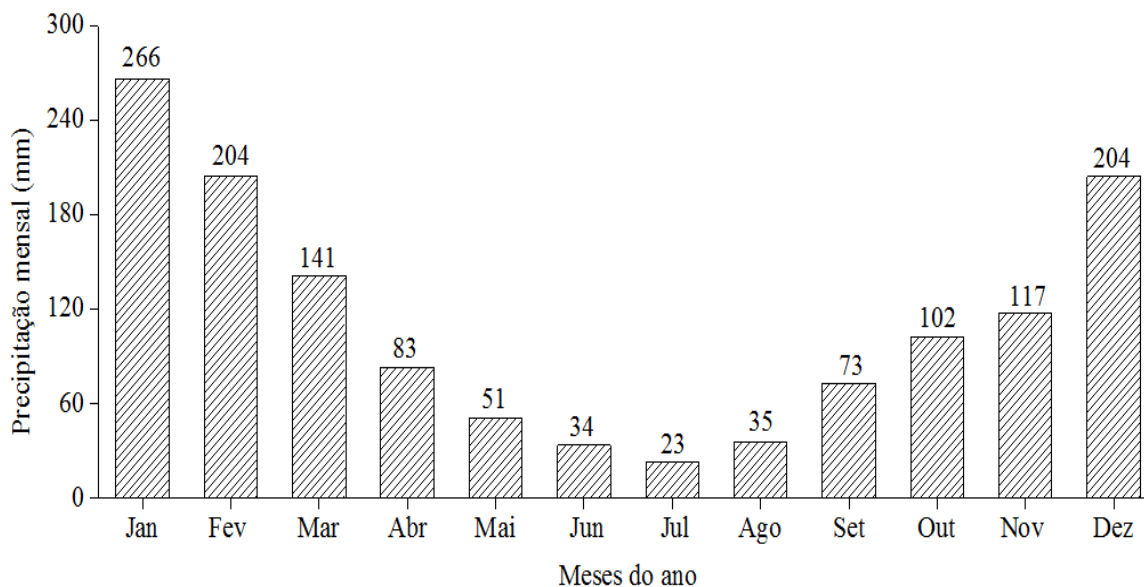
4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e características da área experimental

A área experimental situou-se na Fazenda São Francisco, localizada na estrada Cleto Galli, à 6 km da Rodovia Assis Chateaubriand, Penápolis (SP). O município está localizado na região noroeste do Estado de São Paulo (21°15'00" S; 50°02'00" W e 415 m de altitude), à 500 km da capital, possuindo cerca de 60.000 habitantes e uma área de 71.135,4 ha (IBGE, 2014). Deste total, aproximadamente 38.874 hectares são destinados ao cultivo da cana-de-açúcar (CANASAT, 2013).

A condição climática do município, baseado no sistema de classificação climática de Wladimir Köppen, é do tipo Aw, caracterizado como tropical chuvoso com inverno seco e temperaturas variando entre 16,8°C e 30,2°C, com precipitação pluvial anual média de 1.312 mm (DAEP, 2011). Embora em termos totais esse suprimento hídrico atenda às exigências da cana-de-açúcar, ocorre um excedente hídrico entre outubro a março quando a precipitação equivale a 71% do total anual, e uma deficiência entre abril a setembro, coincidindo com a fase de desenvolvimento da cana-de-açúcar. Na Figura 2 está representada a distribuição das chuvas nos meses do ano para a região de Penápolis, SP.

Figura 2 - Precipitação pluvial média mensal, em mm, ocorrida entre os anos 1990 e 2011 na região de Penápolis – SP.



O solo em que foi instalado o experimento com cana-de-açúcar foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico, apresentando textura média e relevo suavemente ondulado (Embrapa, 2013), cujas características físico-químicas encontram-se nas Tabelas 1, 2 e 3. As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo, no Departamento de Solos e Recursos Ambientais da FCA – Campus de Botucatu - UNESP, aos 180 dias antes do plantio, 80 dias após o plantio (DAP) e após a colheita da cana-de-açúcar.

Tabela 1 - Características químicas do solo da área experimental (macronutrientes), 180 dias antes do plantio, 80 dias após o plantio e após a colheita

Camadas (cm)	pH	M.O	H+Al	Presi na	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	S
	CaCl	g dm ⁻³	mmolc dm ⁻³	mgdm ⁻³	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
*0 – 20	5,0	14	25	4,0	2,8	22	5,0	29	55	54	-
*20 – 40	4,8	8	28	2,0	2,2	13	1,5	19	35	45	6
**0 – 20	6,3	43	15	12	3,4	51	19	73	88	83	8,0
**20 – 40	5,4	24	22	7,0	2,9	36	11	50	72	69	12
***0 – 20	5,4	23	17	22	1,9	37	14	53	70	75	7,0
***20 – 40	5,0	13	19	2,0	1,5	29	5,0	36	55	66	11

*180 dias antes do plantio, **80 dias após o plantio, ***após a colheita.

Tabela 2 - Características químicas do solo da área experimental (micronutrientes), 180 dias antes do plantio, 80 dias após o plantio e após a colheita.

Camadas (cm)	Boro	Cobre	Ferro	Manganês	Zinco
	----- mmolc dm ⁻³ -----				
*0 – 20	0,17	1,30	25	23,90	0,50
*20 - 40	0,15	1,50	24	25,20	0,20
**0 – 20	0,35	1,90	24	11,30	1,50
**20 - 40	0,34	2,10	24	12,90	0,70
***0 – 20	0,08	1,30	24	16,90	1,20
***20 – 40	0,10	1,00	13	20,90	0,20

*180 antes do plantio, **80 dias após o plantio, ***após a colheita.

Tabela 3- Características físicas do solo da área experimental em diferentes camadas.

Camadas (cm)	Areia	Silte	Argila	Densidade do solo	CAD do solo
	----- g kg ⁻¹ -----			----- kg m ⁻³ ---	----- mm --
		--		----	-----
0 – 20	679	122	199	1,61	23,33
20 – 40	646	120	234	1,49	31,33
40 -60	612	98	290	1,36	40,66
60 – 80	611	92	297	1,42	36,00
80 - 100	615	94	291	1,45	43,33

4.2. Aspectos gerais da RB855453 e RB92579

A cultivar RB855453 é caracterizada por apresentar um rápido desenvolvimento; colmo acolchoado ao solo, entre nós curtos e muita cera; despalha média; gemas pouco salientes; folhas verdes escuras, de largura e comprimento médio, pontas curvas, bainha esverdeada, com pouco joçal. Destaca-se pela precocidade e alto teor de açúcar. Apresenta ótima soqueira, canas eretas de excelente colheitabilidade (MATSUOKA, GARCIA, ARIZONA; 2005).

Os aspectos gerais da cultivar RB92579, segundo Lima et al. (2012), são: apresenta desenvolvimento lento; colmo com aspecto manchado, pouca cera, apresenta cor roxa ao sol e amarela-esverdeado sobre a palha, entrenós de comprimento e diâmetro médio. Apresenta despalha difícil. Gemas pouco salientes. Folhas largas com pontas curvas e ausência de joçal. Destaca-se por apresentar ótimo perfilhamento e brotação de soqueira. Possui alta produtividade agrícola, elevado ATR e apresenta rápida recuperação ao déficit hídrico.

4.3 Preparo de solo, plantio, adubação e cultivares utilizadas

O preparo do solo constituiu-se de quatro práticas agrícolas:

- Correção do solo: foi utilizada a aplicação de calcário por um distribuidor de discos;
- Grade aradora: foi utilizada uma grade intermediária com 14 discos de 32 polegadas, com a finalidade de virar a leiva do solo, destruir as plantas daninhas e incorporar o calcário;

- Subsolação: utilizou-se um subsolador de cinco hastes visando eliminar possíveis compactações e uniformidade na velocidade de infiltração básica (VIB) e a aeração do solo;
- Gradagem niveladora: utilizou-se grade de 26 discos de 26 polegadas, deixando a leiva do solo preparada para a abertura dos sulcos (Figura 3) e instalação das mangueiras de irrigação. Para a abertura do sulco de plantio foi utilizado um sulcador duplo espaçado a 0,6 m que realizava abertura de duas linhas de plantio. A Figura 3 - representa os sulcos abertos para distribuição de mudas.

Figura 3 - Abertura de sulcos (à esquerda) e sulcos prontos (à direita)



A calagem do solo foi realizada 100 dias antes do plantio e constou de uma dosagem de 350 kg ha^{-1} de calcário dolomítico, obtido pela fórmula a seguir:

$$NC = (V2-V1). CTC.PRNT^{-1} \quad (1)$$

Com PRNT de 100%, sendo calculada de acordo com a análise química do solo (Tabela 1), visando elevar a 60% o índice de saturação por bases (V%) do solo e elevar os teores de cálcio e magnésio aos níveis adequados para a planta, neutralizando os efeitos nocivos do alumínio e do manganês.

Após a abertura dos sulcos foi realizado a adubação, de acordo com a análise química de solo (Tabela 1), seguindo a recomendação de Raij et al. (1997), colocando-se 30 kg ha^{-1} de N na forma de ureia, 180 kg ha^{-1} de P_2O_5 na forma de superfosfato triplo, e 120 kg ha^{-1} K_2O na forma de cloreto de potássio, visando uma produtividade superior a 150 t ha^{-1} . O plantio foi realizado no dia 27 de julho de 2012, seguindo o

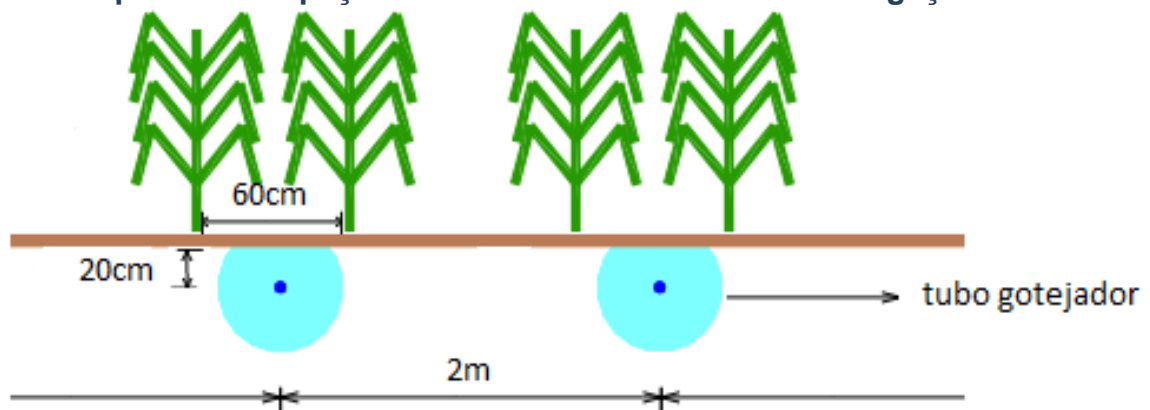
sistema tradicional de plantio irrigado “tipo-abacaxi”, adotado por algumas usinas sucroalcooleiras (Figura 4).

Figura 4 - Sistema de plantio da cana-de-açúcar.



O material vegetal foi distribuído no sulco a 25 cm de profundidade considerando a interseção “pé e ponta” para melhorar a brotação, para que se obtivesse por volta de 12 a 15 gemas aparentemente viáveis por metro linear e consumir em torno de 15 t ha⁻¹ de muda. Após ser colocado no sulco, o material foi cortado com facão em toletes de 3 gemas. Em seguida foi feita a aplicação do inseticida Fipronil com concentração de 800 g/kg, com dose de 250 g ha⁻¹ e 250 mL ha⁻¹ do fungicida sistêmico Azoxistrobina 200 g/L mais Ciproconazol 80 g/L pulverizados sobre os toletes com volume de calda de 300 L ha⁻¹ juntamente com a cobertura dos toletes. Foi utilizado um espaçamento que combinou linhas duplas distintas de 0,60 m entre si e 1,40 m entre as duplas, de modo que a linha de gotejamento ficasse a 2 m entre si, ou seja, uma mangueira gotejadora era utilizada para irrigar duas linhas adjacentes de plantio (Figura 5).

Figura 5 - Esquema do espaçamento das linhas de cana e da irrigação.



O sistema de gotejamento foi implantado 45 dias após o plantio para garantir a integridade das mangueiras e já era possível observar que as duas cultivares haviam germinado e emitido brotos não apresentando falhas, facilitando a centralização da mangueira gotejadora.

Com auxílio de um trator e um cultivador com adaptação para enterrar as mangueiras, estas foram posicionadas entre 20 e 30 cm de profundidade. Essa variação existiu por causa da oscilação do sistema hidráulico do trator, além das oscilações da superfície do solo.

Nos dois anos de cana soca estudado foi realizada a mesma adubação. Decorridos 60 DAC realizou-se a adubação, de acordo com a análise química de solo (Tabela 1); a aplicação foi realizada superficialmente ao lado das touceiras da cana-de-açúcar. Foi aplicado um total de 600 kg ha⁻¹ da fórmula (20 05 20), sendo 120 kg ha⁻¹ de N, 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 120 kg ha⁻¹ K₂O.

Os materiais genéticos da RIDESA BRASIL utilizados foram as cultivares RB92579 e RB855453. As cultivares foram escolhidas devido à capacidade produtiva, teor de açúcar e por apresentarem hábito de crescimento adequado para a colheita mecanizada, visando a redução de perdas.

O espaçamento utilizado é compatível com a mecanização da colheita e para que um único tubo gotejador fornecesse água para duas linhas de plantio, economizando tubos gotejadores, reduzindo o espaçamento de plantio e aumentando a densidade de cana. Na região normalmente é adotado o espaçamento 1,50 m por 1,00 m chamado de duplo alternado, porém para a condição de sequeiro.

4.4 Controle das plantas daninhas

A cultura foi mantida livre de plantas daninhas no período experimental, por meio da aplicação de herbicida pré-emergente 2-(2-clorobenzil) -4,4-dimetil-1,2-oxazolidin-3-ona (CLOMAZONA) 800g L⁻¹ (80% m/m) na dose de 1,5 L ha⁻¹. Na manutenção dos carregadores foi usado um pós-emergente (glyphosate), na dose 2,5 L ha⁻¹.

4.5 Delineamento experimental e tratamentos

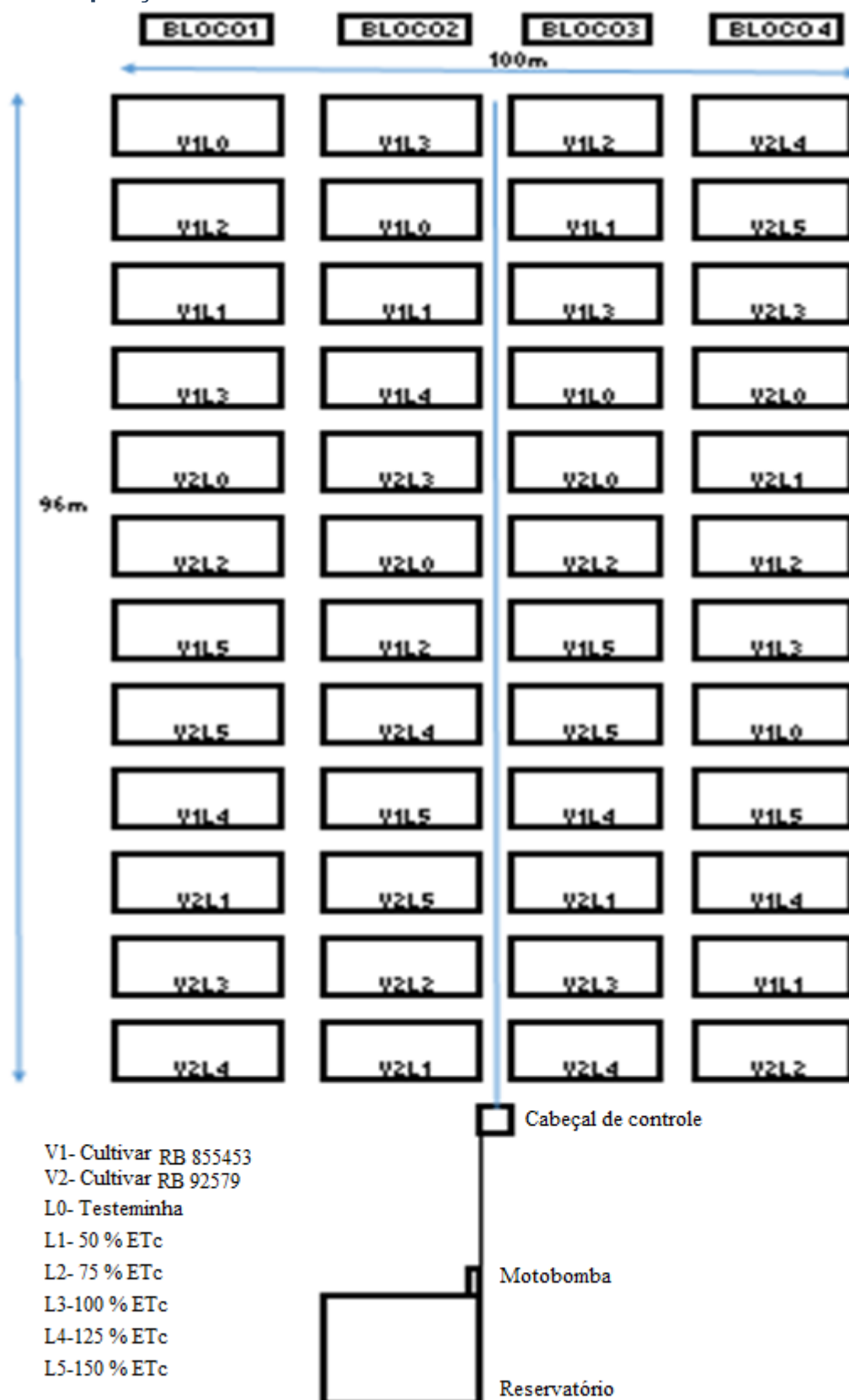
O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com arranjo fatorial (2 x 6), sendo duas cultivares de cana-de-açúcar (RB92579 e RB855453) e seis lâminas de irrigação, com quatro repetições. Para isso foi feito um sorteio para locar cada uma das seis parcelas dentro de cada bloco, repetindo esse processo para totalizar quatro blocos. Na Figura 6 pode-se observar a distribuição da cultivares e lâminas de irrigação locadas na área experimental.

As cultivares foram submetidas a seis lâminas de água, sendo: testemunha (sem irrigação), 50%, 75%, 100%, 125% e 150% da evapotranspiração da cultura (ET_c). Cada parcela era composta por oito linhas de 25 m de comprimento. A área útil foi formada pelas quatro linhas centrais da parcela, desprezando-se o primeiro metro de cada linha para as avaliações.

As análises de perfilhamento, altura de colmo, número de folhas, área foliar, índice de área foliar, diâmetro, comprimento de folha e largura das folhas as avaliações foram feitas em dois anos (2014, 2015) denominados soca 1 e soca 2. Dentro do período de cada ano, foram realizadas três avaliações a cada quatro meses, ou seja, 120, 240 e 360 dias após o corte (DAC) da cultura, tanto para soca 1 como para soca 2.

Para a produtividade, açúcar total recuperável e matéria seca foram feitas análises em três anos, denominados cana planta, soca 1 e soca 2, apenas uma vez dentro de cada ano aos 360 dias de idade após o plantio (cana planta) e após o corte (DAP e DAC) da cultura (para soca 1 soca 2).

Figura 6 - Croqui da área experimental com a localização dos tratamentos e suas repetições.



4.6 Implantação do sistema de irrigação

Os trabalhos tiveram início em março de 2012 com a construção de uma rede elétrica de baixa tensão trifásica medindo 450 m de comprimento para conduzir energia até o manancial e permitir o acionamento elétrico do sistema moto-bomba. Em seguida foi construída uma rede hidráulica de 285 m de comprimento e 15 m de desnível total, composta de tubulação de PVC de 50 mm PN 80, para suprir a água utilizada no experimento.

O sistema de bombeamento foi instalado com desnível de 50 cm entre a água e a moto-bomba alojada dentro de uma construção de alvenaria medindo 3 m² por 1 m de altura para proteção do conjunto propulsor. A captação foi feita com tubulação de 75 mm. O conjunto moto-bomba apresenta motor de 7,5 CV e bomba com quatro estágios, resultando em vazão de 15m³ e 75mca de altura manométrica.

A filtragem da água foi feita por um filtro de disco localizado antes do cavalete dos registros, que era limpo antes de toda irrigação. A pressão era verificada antes e depois do filtro, bem como no início e final da linha de gotejadores com auxílio de um manômetro.

Posteriormente, realizou-se a montagem dos cavaletes com registros de esfera e hidrômetros para o controle das lâminas de irrigação aplicadas em cada tratamento (Figura 7). Por meio dos registros e manômetro, a carga hidráulica era mantida sempre em 20 mca.

Figura 7 - Cavaletes com os hidrômetros.



Após a montagem dos cavaletes, colocou-se 6 tubos de 32 mm dando sequência à condução da água a cada tratamento. Realizou-se a distribuição das mangueiras na área experimental considerando a posição de cada tratamento nos diversos blocos.

Os tubogotejadores utilizados foram da fabricante NaanDanJain, modelo topdrip com emissores do tipo “in line” inseridos na tubulação de polietileno, espaçados de 50 cm. Os emissores autocompensantes, forneceram vazão de $2,55 \text{ L h}^{-1}$ para pressão de serviço entre 5 e 25 mca, e foram instalados entre 20 e 30 cm de profundidade, após a brotação da cultura.

4.7 Manejo da irrigação

Os dados meteorológicos de precipitação pluvial (P), temperatura média (Tm) e de umidade relativa do ar média (UR%) foram obtidos na área experimental por uma estação meteorológica DR1A-0111, que fazia medidas a cada 15 segundos e armazenava os dados a cada 10 minutos. A evapotranspiração de referência (ET₀) foi estimada diariamente pelo método do “Tanque Classe A”, conforme a equação:

$$ET_0 = ECA \cdot K_p \quad (2)$$

Em que:

ECA = evaporação do “Tanque Classe A”;

K_p = coeficiente do tanque.

O coeficiente de correção do tanque (K_p) foi estimado utilizando equação desenvolvida por Snyder (1992):

$$K_p = 0,482 + 0,024 \times \ln(F) - 0,00037 U \text{ (kmd}^{-1}\text{)} + 0,0045 \text{ UR\%} \quad (3)$$

Em que:

F = Distância da área de bordadura (10 m);

U = velocidade do vento a 2 m de altura (km.d^{-1});

UR = Umidade relativa do ar média (%).

A evapotranspiração da cultura (ET_c , mm.d^{-1}) foi estimada por:

$$\text{ET}_c = \text{ET}_0 \cdot K_c \quad (4)$$

Em que: K_c = coeficiente da cultura

Os valores do K_c utilizados nos diversos estádios de desenvolvimento da planta e que permitiram converter os valores de ET_0 em ET_c foram definidos por Doorenbos e Kassam (1994), conforme Tabela 4.

Tabela 4 - Valores de K_c para a cultura da cana-de-açúcar em diversas fases de desenvolvimento.

Idade da cultura (dias)	Meses	K_c
0 – 43	Julho/Agosto	0,40
44 – 66	Setembro	0,75
67 – 89	Setembro/Outubro	0,90
90 – 155	Outubro/Novembro/Dezembro	1,00
156 – 281	Dezembro/Janeiro/Fevereiro/Março/Abril	1,25
282 – 305	Abril/Maio	1,00
306 – 320	Maio / Junho	0,70
321 – 360	Junho/Julho	Sem irrigação

Fonte: Adaptado de Doorenbos e Kassam (1994)

A irrigação teve início após o plantio, considerando uma camada molhada de solo de 0 a 60 cm de profundidade, onde se encontram aproximadamente 85% do sistema radicular da cana-de-açúcar (KOFFLER, 1986).

Aos 60 DAP e aos 20 DAC iniciaram-se os tratamentos, adotando-se um turno de irrigação fixo e lâminas variáveis. As irrigações eram feitas a cada 3 dias. A chuva foi medida por um pluviômetro modelo Ville de Paris, instalado na área experimental.

Para o cálculo do tempo de irrigação, utilizou-se a equação:

$$Ti = \frac{ET_o . KC . X}{2,55 . 60} \quad (5)$$

Em que:

Ti é o tempo de irrigação, em minutos;

X fator de correção para lâmina, referente a cada tratamento, que assumiu os valores de: 0,5; 0,75; 1; 1,25 e 1,50.

O período de irrigação teve duração de 270 dias para cana planta e 310 dias para cana soca.

4.8. Lâmina total aplicada

As Tabelas 5 e 6 mostram as chuvas e lâminas de irrigação mês a mês, para cana soca 1 e soca 2.

Tabela 5 - Precipitação pluvial (P) e lâminas de irrigação em cana-de-açúcar, em segundo ciclo de cultivo, entre agosto de 2013 e julho de 2014 (soca 1).

Mês	P	TRATAMENTOS - Lâminas de irrigação (mm)					
	(mm)	Testemunha	50	75	100	125	150
Agosto/2013	0,0	SI	37,2	55,8	74,4	93,0	111,6
Setembro	85,4	SI	46,6	69,9	93,2	116,5	139,9
Outubro	47,7	SI	87,0	130,5	174,0	217,5	261,0
Novembro	87,2	SI	64,1	96,1	128,1	160,2	192,2
Dezembro	94,6	SI	72,6	108,9	145,2	181,5	217,8
Janeiro/2014	82,4	SI	87,1	130,7	174,2	217,8	261,3
Fevereiro	109,7	SI	74,1	111,1	148,2	185,2	222,3
Março	127,9	SI	60,8	91,2	121,6	151,9	182,3
Abril	18,2	SI	50,4	75,6	100,8	126,0	151,2
Maio	14,5	SI	36,2	54,3	72,4	90,4	108,5
Junho	0,2	SI	15,2	22,9	30,5	38,1	45,7
Julho	44,9	SI	SI	0,0	0,0	0,0	0,0
Soma parcial	712,7	712,7	631,3	946,9	1262,6	1578,2	1893,9
Total*	712,7	712,7	1.344,0	1.659,6	1.975,3	2.290,9	2.606,6

Testemunha, 50, 75, 100, 125, 150% da ETc e SI = sem irrigação.

* Total = precipitação + lâmina de irrigação

Tabela 6 - Precipitação pluvial (P) e lâminas de irrigação, em cana-de-açúcar, em terceiro ciclo de cultivo, entre agosto de 2014 e julho de 2015 (soca 2).

Meses	P	TRATAMENTOS - Lâminas de irrigação (mm)					
	(mm)	Testemunha	50	75	100	125	150
Agosto	1,0	SI	58,5	87,7	116,9	146,1	175,4
Setembro	87,4	SI	57,8	86,6	115,5	144,4	173,3
Outubro	44,1	SI	126,3	189,4	252,6	315,7	378,8
Novembro	140,8	SI	47,2	70,8	94,4	118,0	141,6
Dezembro	191,2	SI	51,9	77,9	103,8	129,8	155,7
Janeiro	194,4	SI	75,8	113,7	151,6	189,5	227,4
Fevereiro	170,0	SI	32,9	49,4	65,9	82,3	98,8
Março	249,0	SI	46,9	70,4	93,8	117,3	140,8
Abril	96,2	SI	44,6	67,0	89,3	111,6	133,9
Mai	131,4	SI	18,5	27,7	37,0	46,2	55,5
Junho	30,0	SI	6,4	9,6	12,9	16,1	19,3
Julho	44,1	SI	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Soma parcia	1379,6	1379,6	566,8	850,2	1133,7	1417,1	1700,5
Total*	1379,6	1379,6	1946,4	2229,838	2513,251	2796,663	3080,076

Testemunha = testemunha, 50%, 75%, 100%, 125%, 150% da ETc e SI = sem irrigação.

* Total = precipitação + lâmina de irrigação

Pode-se observar grandes diferenças nos totais de irrigação, nas Tabelas 5 e 6, devido ao fato do experimento ser conduzido em campo aberto e os anos avaliados terem sido bem distintos quanto às chuvas, implicando em lâminas até 21% maiores para ao primeiro ano em relação ao segundo.

A flutuação das condições de umidade do solo causada por irregularidade das chuvas é o fator que exerce maior oscilação nos rendimentos da cultura da cana-de-açúcar (INMAN-BAMBER & SMITH, 2005). Lyra et. al. (2007) analisaram os dados em dois cultivos e contabilizaram uma evapotranspiração de 2.050 mm no primeiro ciclo e de 1.950 mm no segundo ciclo, com uma flutuação de apenas 7% entre os anos.

4.8.1 Eficiência do uso da água (EUA).

Segundo Barraclough & Co (1999) e Farias et al. (2008), a eficiência no uso da água (kg m^{-3}) é definida como a relação entre a produtividade (kg ha^{-1}) e o volume total de água consumido ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$).

4.9 Biometria

As variáveis analisadas número de perfilhos, altura de colmo e índice de área foliar (IAF), largura e comprimento das folhas, número de folhas e área foliar foram avaliadas aos 120, 240 e 360 dias em todos os anos. Por sua vez, diâmetro de colmo, matéria seca, produtividade e ATR foram avaliadas apenas aos 360 DAP para cana planta e 360 DAC para cana soca.

Foram contadas todas as plantas para depois ser realizada a determinação da altura das plantas juntamente com o diâmetro. O comprimento foi medido da base até a inserção da folha +3 (LANDELL e SILVA, 1995), por meio de uma trena e o diâmetro utilizando um paquímetro.

A área foliar por planta foi determinada pela medida do comprimento e da largura na porção mediana da folha +3, além da contagem do número de folhas verdes (folhas expandidas com o mínimo 20% de área verde, contada a partir da folha +1), aplicando-se a fórmula:

$$AF = C. L. 0,75. (N + 2) \quad (6)$$

Em que: C é o comprimento da folha; L é a largura da folha; 0,75 é o fator de correção para área foliar da cultura; e N é o número de folhas verdes (HERMANN e CÂMARA, 1999).

O IAF foi obtido dividindo-se a área foliar total das plantas pela área do terreno ocupada por elas. Para a determinação do diâmetro de colmo foram realizadas medições na altura correspondente a 1/3, a partir da base, com auxílio de paquímetro. Para as avaliações descritas anteriormente foram utilizadas todas as plantas de uma rua da parcela, equivalente a 25 metros lineares.

4.9.1 Matéria seca e produtividade agrícola

Para a determinação da matéria seca total foram retiradas todas as plantas em 1 metro linear, as quais foram pesadas e moídas em moinho, em seguida obteve-se uma sub-amostra de 500 gramas que foi colocada em estufa de ventilação forçada a 65°C com verificação diária até peso constante, em balança analítica com três casas decimais. A produtividade foi determinada nas quatro linhas centrais da parcela (totalizando 100 metros lineares), aos 360 DAP para cana planta e 360 DAC para

soqueira e, em seguida, o material foi pesado com dinamômetro com precisão de 200 gramas por tonelada, e auxílio de uma carregadeira de cana. (Figura 8).

Figura 8 - Pesagem da cana-de-açúcar em campo.



O ATR foi determinado no laboratório de PCTS da usina (pagamento de cana por teor de sacarose). Isto também ocorreu nas pré-análises que foram feitas nos meses de abril, maio e junho dos anos avaliados para acompanhamento do teor de açúcar, visando a tomada de decisão da colheita, sempre objetivando o mínimo de 140 kg de ATR por tonelada de cana, considerado pelas usinas da região como sendo o valor mínimo para se iniciar o processo de colheita.

4.10 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise estatística de variância, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$), utilizando-se o programa estatístico Sisvar para determinar se existiam diferenças entre os dados coletados.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Cultivar RB855453

5.1.1. Eficiência das lâminas de irrigação.

Na Tabela 7 tem-se a eficiência de uso da água (EUA) para soca 1 e soca 2, em todas as lâminas avaliadas. Verificou-se que a EUA decresceu com o aumento da lâmina aplicada, como era de se esperar. Para Doorembos & Kassam (1979), a EUA na cultura da cana-de-açúcar varia de 5 a 8 kg m⁻³. Farias et al. (2008) encontraram, para 100% da ET_c, 7,12 kg.m⁻³ para produtividade de colmos. Observando a Tabela 7, notou-se que somente as lâminas de 125% e 150% da ET_c apresentaram valores próximos aos da literatura. Nas demais lâminas, nos dois períodos, necessitou-se de menor quantidade de água para produzir a mesma tonelada de colmo, obtendo assim uma maior EUA. Em média, a EUA decresceu cerca de 30% com o aumento de 25% na lâmina aplicada.

Tabela 7- Eficiência da lamina de irrigação aplicada na cultivar RB855453 de cana-de-açúcar.

Lâmina	Soca 1 RB855453 Kg.m ⁻³	Soca 2 RB855453 Kg.m ⁻³
Sem irrigação	-	-
50% ET _c	25,31	21,31
75% ET _c	15,32	13,82
100% ET _c	11,79	10,49
125% ET _c	9,74	8,38
150% ET _c	7,42	6,67

5.1.2. Perfilhamento da cana-de-açúcar.

O perfilhamento constitui uma etapa muito importante no ciclo da cultura, pois determina o número de plantas com formação de colmos, que são a parte produtiva da cana-de-açúcar. Oliveira et al. (2010) ressaltam que a avaliação de algumas variáveis morfológicas das plantas como número de plantas por metro linear torna possível a identificação da capacidade produtiva da cultura, além de analisar os efeitos do manejo cultural adotado sobre a cultivar.

Os resultados da variável número de perfilhos por metro linear para a cultivar de cana-de-açúcar RB855453, nos dois anos de coleta de dados, são apresentados nas Tabelas 7 e 8.

Os maiores números de perfilhos foram obtidos para as lâminas 100% e 150% da ETc aos 120 DAC, lâminas 50%, 125%, e 150% da ETc aos 240 DAC e 50% da ETc para 360 DAC, para cana soca 1.

Tabela 7 - Número de perfilhos da cultivar RB855453 para as seis lâminas avaliadas, nas três avaliações durante o ano safra 2013/2014 (soca 1).

Lâminas	RB855453		
	DAC 120	DAC 240	DAC 360
Testemunha	15,65b	9,54c	7,00c
50% ETc	16,02b	11,90a	16,04a
75% ETc	14,41c	9,21c	8,93c
100% ETc	17,17a	10,04b	10,20b
125% ETc	17,43a	11,75a	10,32b
150% ETc	13,10d	11,66a	8,83c

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

Na soca 2 (Tabela 8), os maiores números de perfilhos ocorreram nas lâminas 50%, 75% e 100% da ETc para DAC 120, nas lâminas 75% e 100% da ETc para DAC 240 e na lâmina 50% da ETc para 360 DAC. Nota-se que a maior lâmina não propiciou um maior número de perfilhos.

Em ambos os ciclos avaliados, observou-se a dependência do número de perfilhos desta cultivar em relação às lâminas de irrigação, sendo que em ambos, aos 360 DAC, foi a lâmina de 50% da ETc que resultou em maior perfilhamento.

Tabela 8 - Número de perfilhos da cultivar RB855453 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2014/2015 (soca 2).

Lâminas	RB855453		
	DAC 120	DAC 240	DAC 360
Testemunha	8,61d	8,99d	6,27f
50% ETc	12,97a	10,04b	10,22b
75% ETc	13,10a	11,04a	11,00a
100% ETc	13,09a	11,09a	9,00d
125% ETc	11,97c	9,56c	9,77c
150% ETc	12,59b	10,40b	8,02e

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Coeficiente de variação (%) = 1,41.

Silva et al. (2015) verificaram na RB855453 que houve relação direta entre a irrigação por gotejamento subsuperficial e o ciclo de cultivo quanto à variável número de perfilhos ao longo das fases de crescimento e desenvolvimento da cana-de-açúcar.

5.1.3. Altura dos colmos.

Os resultados da variável altura dos colmos para a cultivar de cana-de-açúcar RB855453, nos dois anos de coleta de dados, estão apresentados nas Tabelas 10 e 11.

A cultivar RB855453 na soca 1 (Tabela 9) apresentou uma altura média do colmo de 68,8 cm para a primeira análise realizada aos 120 DAC, sendo para esta fase as lâminas de irrigação 100% e 125% da ETc proporcionaram as maiores taxas de crescimento (0,59 e 0,67 cm. d⁻¹, respectivamente). Farias et al. (2008) encontraram valores parecidos para a cultivar SP791011. O tratamento sem irrigação apresentou a menor taxa de crescimento (0,49 cm.d⁻¹). Nesta fase, o crescimento é considerado lento devido à área foliar da planta ser bem reduzida, apresentando folhas pouco expandidas. Para Oliveira et al. (2005) o crescimento lento nesta fase está relacionado às características morfológicas do dossel da planta que não favorecem a interceptação da radiação solar.

Aos 240 DAC, as maiores alturas ocorreram nas lâminas 125% e 150% da ETc, porém aos 360 DAC as lâminas 50 e 75% da ETc foram superiores às demais, indicando menor necessidade de água para realizar seu desenvolvimento.

Na soca 2 (Tabela 10) repetiu-se a necessidade de maior lâmina nas duas primeiras análises, porém com menor intensidade. As lâminas com diferença significativa foram 125% da ETc para DAC 120 e para DAC 240, e 50% e 75% da ETc para DAC 360.

Tabela 9 - Valores médios da altura, em cm, da cultivar RB855453 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2013/2014 (soca 1).

Lâminas	RB855453		
	DAC 120	DAC 240	DAC 360
Testemunha	59,66c	122,75d	235,48c
50% ETc	69,65b	150,91c	294,28a
75% ETc	65,39bc	164,05b	294,05a
100% ETc	71,03ab	162,07b	277,80b
125% ETc	80,34a	174,05a	287,69b
150% ETc	67,22bc	181,05a	273,77b

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

Tabela 10- Valores médios da altura, em cm, da cultivar RB855453 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2014/2015 (soca 2).

Lâminas	RB855453		
	DAC 120	DAC 240	DAC 360
Testemunha	93,58c	149,21d	284,19c
50	107,63b	188,57bc	300,60b
75	111,35b	183,76c	302,57ab
100	107,61b	186,87c	311,64a
125	112,77b	197,52b	281,07c
150	128,69a	214,27a	286,04c

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

5.1.4. Diâmetro dos colmos.

Os valores do diâmetro dos colmos para soca 1 e soca 2 estão apresentados nas Tabelas 11 e 12. Segundo Silva (2013) o diâmetro do colmo é a variável que apresenta menor variação, por depender das características genéticas da planta, do número de perfilhos, do espaçamento e das condições climáticas.

De acordo com a Tabela 11, na soca 1 o diâmetro foi inferior estatisticamente na testemunha que não recebia irrigação. Aos 120, 240 e 360 DAC não houve diferença de diâmetro do colmo em decorrência das lâminas aplicadas. O mesmo ocorreu para a soca 2 (Tabela 12).

Tabela 11 - Valores médios, em cm, do diâmetro da cultivar RB855453 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2013/2014 (soca 1).

Lâminas	RB855453		
	DAC 120	DAC 240	DAC 360
	cm	cm	cm
Testemunha	2,09b	2,47a	2,21b
50% ETc	2,48a	2,51a	2,41ab
75% ETc	2,37ab	2,76a	2,74a
100% ETc	2,52a	2,76a	2,48ab
125% ETc	2,48a	2,68a	2,60a
150% ETc	2,47a	2,80a	2,37ab

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

Tabela 12 - Valores médios, em cm, do diâmetro da cultivar RB855453 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2014/2015 (soca 2).

Lâminas	RB855453		
	DAC 120	DAC 240	DAC 360
	cm	cm	cm
Testemunha	2,55a	2,26a	2,48a
50% ETc	2,72a	2,49a	2,49a
75% ETc	2,80a	2,46a	2,68a
100% ETc	2,53a	2,29a	2,47a
125% ETc	2,62a	2,43a	2,64a
150% ETc	2,72a	2,57a	2,51a

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

5.1.5. Comprimento das folhas.

Os valores da variável comprimento das folhas estão apresentados na Tabela 14 soca 1. Observa-se que houve diferença significativa entre as lâminas de irrigação.

A cultivar RB855453 apresentou para DAC 120 os melhores resultados nas lâminas 100% e 125% da ETc. Para DAC 240, as lâminas 75% e 125% da ETc apresentaram melhores resultados. Para DAC 360 não houve diferença significativa entre as lâminas testadas.

Na soca 2, aos 120 DAC apenas a testemunha apresentou valor inferior às demais lâminas; já aos 240 DAC o tratamento sem irrigação e as lâminas de 125% e 150% da ETc foram as que apresentaram melhores resultados. Para DAC 360, destacaram-se a testemunha, 50%, 75% e 100% da ETc.

Observou-se que o comprimento da folha variou com a fase da cultura e que apresentou menores valores nos períodos de perfilhamento e de maturação para a cultivar RB855453, para as lâminas de 50% a 125% da ETo. O aumento da lâmina de irrigação não possibilitou um maior crescimento da folha. PINCELLI e SILVA (2012) observaram ao longo do período de avaliação, que a deficiência hídrica promoveu redução no comprimento da folha +3 da cana-de-açúcar, entretanto essa redução não foi significativa em todas as variedades.

Tabela 13 - Valores médios, em cm, do comprimento da folha da cultivar RB855453 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2013/2014 (soca 1).

Lâminas	RB855453		
	DAC 120 cm	DAC 240 cm	DAC 360 cm
Testemunha	115,44b	149,51d	150,89a
50% ETc	115,28b	165,95c	151,74a
75% ETc	118,22b	173,01ab	152,39a
100% ETc	130,39a	168,74bc	150,40a
125% ETc	126,47a	176,08a	154,3 7a
150% ETc	115,23b	168,17bc	149,29a

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

Tabela 14 - Valores médios, em cm, do comprimento da folha da cultivar RB855453 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2014/2015 (soca 2).

Lâminas	RB855453		
	DAC 120 cm	DAC 240 cm	DAC 360 cm
Testemunh a	133,31b	151,88b	145,84a
50% ETc	142,72a	165,34a	141,90ab
75% ETc	143,45a	153,29b	141,43ab
100% ETc	144,68a	153,60b	140,09ab
125% ETc	146,40a	166,27a	136,93b
150% ETc	147,38a	162,42a	129,76c

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

5.1.6. Largura das folhas.

Os valores da variável largura das folhas estão apresentados nas Tabelas 16 e 17. Observou-se que houve diferença significativa entre as lâminas de irrigação, especialmente aos 360 DAC.

Na soca 1 (Tabela 16) apenas o tratamento sem irrigação apresentou menor resultado em DAC 120. Em DAC 240 as lâminas de irrigação testadas não se diferenciaram estatisticamente. Em DAC 360, a lâmina 100% da ETc apresentou a maior largura de folha.

Tabela 15- Valores médios, em cm, da largura da folha da cultivar RB855453 para os seis tratamentos e três avaliações, durante o ano safra 2013/2014 (soca 1).

Lâminas	RB855453		
	DAC 120 cm	DAC 240 cm	DAC 360 cm
Testemunha	2,30b	3,55a	3,93b
50% ETc	2,60ab	4,05a	4,37b
75% ETc	3,37a	4,26a	4,32b
100% ETc	2,60ab	4,19a	5,78a
125% ETc	2,70ab	4,13a	3,78b
150% ETc	2,64ab	4,32a	4,18b

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

Para soca 2 (Tabela 16), a maior largura de folha aos DAC 120 foi obtida com 100% da ETc. Para DAC 240 apenas a testemunha foi inferior às demais, não havendo diferença entre as outras lâminas. No final do ciclo (DAC 360) não houve lâminas com diferenças estatística significativa entre si. PINCELLI e SILVA (2012) encontraram na cultivar SP83-2847, considerada tolerante, redução da largura da folha +3 semelhante à da cultivar RB855453, considerada susceptível.

Tabela 16 - Valores médios, em cm, da largura da folha da cultivar RB855453 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2014/2015 (soca 2).

Lâminas	RB855453		
	DAC 120 cm	DAC 240 cm	DAC 360 cm
Testemunha	3,12b	3,27b	4,14a
50% ETc	3,44b	3,86ab	3,98a
75% ETc	3,34b	3,80ab	3,95a
100% ETc	4,76a	3,68ab	3,79a
125% ETc	3,36b	4,00ab	3,61a
150% ETc	3,85b	4,28a	3,70a

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

5.1.7. Número de folhas para cultivar

Nas Tabelas 17 e 18 estão apresentados os resultados da variável número de folhas para a cultivar de cana-de-açúcar estudada. Observou-se que houve diferença significativa entre as lâminas de irrigação.

A soca 1 da cultivar RB855453 apresentou, em DAC 120, a lâmina 100% da ETc com valores maiores que as demais; em DAC 240, os tratamentos com lâminas de irrigação que indicaram os menores resultados para esta variável foram a testemunha e 50% da ETc, com 4,29 e 4,95 folhas, respectivamente, sendo que os demais foram superiores mas não diferenciaram entre si. Em DAC 360, o tratamento com lâmina 75% da ETc foi o melhor tanto para lâmina como para cultivar e tempo.

Para a soca 2 (Tabela 18) a lâmina com menor número de folhas em DAC 120 foi 100% da ETc; em DAC 240 esses baixos resultados foram observados nas lâminas 100, 125 e 150% da ETc e em DAC360 destacou-se a lâmina 75% da ETc com o menor número de folhas.

Smit e Singels (2006) relataram que a senescência foliar está relacionada à deficiência hídrica e ocorre após a diminuição no surgimento de novas folhas. A redução de folhas verdes tem sido relatada em plantas de cana-de-açúcar com deficiência hídrica (INMAN-BAMBER, 2004)

Tabela 17- Valores médios de número de folha da cultivar RB855453, para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2013/2014 (soca 1).

Lâminas	RB855453		
	DAC 120	DAC 240	DAC 360
Testemunha	5,24b	4,29c	4,80c
50% ETc	5,30b	4,95b	5,18c
75% ETc	5,43ab	5,99a	6,07a
100% ETc	5,84a	5,71a	5,85ab
125% ETc	5,21bc	5,61a	4,87c
150% ETc	4,81c	5,81a	5,62b

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

Tabela 18 - Valores médios de número de folha da cultivar RB855453 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2014/2015 (soca 2).

Lâminas	RB855453		
	DAC 120	DAC 240	DAC 360
Testemunha	4,89b	6,12ab	6,48ab
50% ETc	5,22ab	6,19ab	6,71ab
75% ETc	5,16ab	6,31a	5,90c
100% ETc	4,90b	5,56c	6,38b
125% ETc	5,47a	5,84bc	6,40b
150% ETc	5,57a	5,57c	6,87a

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

5.1.8. Área foliar.

Os resultados da variável área foliar estão apresentados nas Tabelas 19 e 20. Observa-se que houve diferença significativa entre as lâminas de irrigação na cultivar de cana-de-açúcar RB855453.

Considerando a soca 1 em DAC 120, os tratamentos com lâminas de irrigação, assim como o tratamento sem irrigação não apresentaram diferenças estatísticas. Para DAC 240, o tratamento sem irrigação apresentou o menor valor de área foliar. Já em DAC 360, os tratamentos sem irrigação e com lâmina 125% da ETc não diferenciaram estatisticamente entre si, porém apresentaram os menores valores de área foliar. Considerando as análises realizadas na soca 2 (Tabela 20), terceiro ano de cultivo, em DAC 120, os tratamentos com lâminas 75%, 100%, 125% e 150% da ETc apresentaram os maiores resultados; em DAC 240 destacaram-se as lâminas 50, 75, 100, 125 e 150 da ETc sendo superiores à testemunha; e em DAC 360 não houve diferenciação estatística entre os tratamentos com lâminas de irrigação. A redução da área foliar é uma resposta da planta à deficiência hídrica (SANTOS; CARLESSO, 1998).

Tabela 19- Valores médios de área foliar da cultivar RB855453 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2013/2014 (soca 1).

Lâminas	RB855453		
	DAC 120 cm ²	DAC 240 cm ²	DAC 360 cm ²
Testemunha	0,16a	0,25c	0,30c
50% ETc	0,18a	0,35b	0,37bc
75% ETc	0,23a	0,45a	0,40b
100% ETc	0,21a	0,41ab	0,53a
125% ETc	0,19a	0,42ab	0,31c
150% ETc	0,16a	0,43ab	0,36bc

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

Tabela 20 - Valores médios de área foliar da cultivar RB855453 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2014/2015 (soca 2).

Lâminas	RB855453		
	DAC 120 cm ²	DAC 240 cm ²	DAC 360 cm ²
Testemunha	0,22c	0,31b	0,38a
50% ETc	0,27abc	0,40a	0,38a
75% ETc	0,26bc	0,37ab	0,33a
100% ETc	0,35a	0,34ab	0,33a
125% ETc	0,29abc	0,40a	0,32a
150% ETc	0,33ab	0,40a	0,32a

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

5.1.9. Índice de área foliar (IAF).

Na Tabelas 21 e 22 são apresentados os resultados do índice de área foliar (IAF). O IAF é de grande importância na interceptação da radiação solar para o processo fotossintético e para eficiência da conversão de energia solar em biomassa (COSTA, 2012). Os maiores valores de IAF ocorreram aos 240 DAP para a cultivar estudada.

Para a soca 1 da cultivar RB855453 (Tabela 21) foram calculados os valores de IAF e observou-se que em DAC 120 os melhores resultados foram nas lâminas 50%, 75%, 100% e 125% da ETc; aos 240 DAC a única lâmina inferior às demais foi a

testemunha; em 360 DAC as lâminas 50% e 100% da ETc apresentaram melhores resultados.

Na Soca 2 (Tabela 22) para DAC 120, as lâminas de maior IAF foram 75%, 100%, 125% e 150% da ETc; em 240 DAC a testemunha e a lâmina 100% da ETc apresentaram os menores IAF, porém aos 360 DAC nem uma lâmina apresentou diferença estatística.

Tabela 21- Valores médios do índice de área foliar da cultivar RB855453 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2013/2014 (soca 1).

Lâminas	RB855453		
	DAC 120 m ² .m ⁻²	DAC 240 m ² .m ⁻²	DAC 360 m ² .m ⁻²
Testemunha	2,50bc	2,40b	2,13b
50% ETc	2,84abc	4,23a	5,48a
75% ETc	3,36ab	4,11a	3,09b
100% ETc	3,55a	4,19a	5,04a
125% ETc	3,35ab	4,92a	2,97b
150% ETc	2,12c	5,01a	2,66b

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

Tabela 22 - Valores médios do índice de área foliar da cultivar RB855453 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2014/2015 (soca 2).

Lâminas	RB855453		
	DAC 120 m ² .m ⁻²	DAC 240 m ² .m ⁻²	DAC 360 m ² .m ⁻²
Testemunha	1,45c	2,68c	3,47a
50% ETc	3,45b	5,01a	3,79a
75% ETc	4,08ab	4,76a	3,69a
100% ETc	4,54a	4,43ab	3,72a
125% ETc	3,54ab	3,65bc	3,03a
150% ETc	3,92ab	4,61ab	3,35a

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

Os valores encontrados no presente trabalho se assemelham aos encontrados por Robertson et al. (1999) com IAF máximo de 4,92.

5.1.10. Produtividade da cana-de-açúcar.

Exclusivamente para os componentes da produção obteve-se também dados da cana planta. Desta forma, foram avaliados 3 ciclos: cana planta, soca 1 e soca 2.

Na Tabela 23 são apresentados os dados de produtividade média para a cultivar RB855453. Observou-se que somente na cana planta ocorreu diferença estatística, com os tratamentos irrigados não diferindo entre si porém sendo superiores à testemunha não irrigada. Costa (2012) encontrou maiores produtividades nas mesmas condições e cultivar, chegando até 164,81 t.ha⁻¹, porém também não observou diferença entre as lâminas de irrigação.

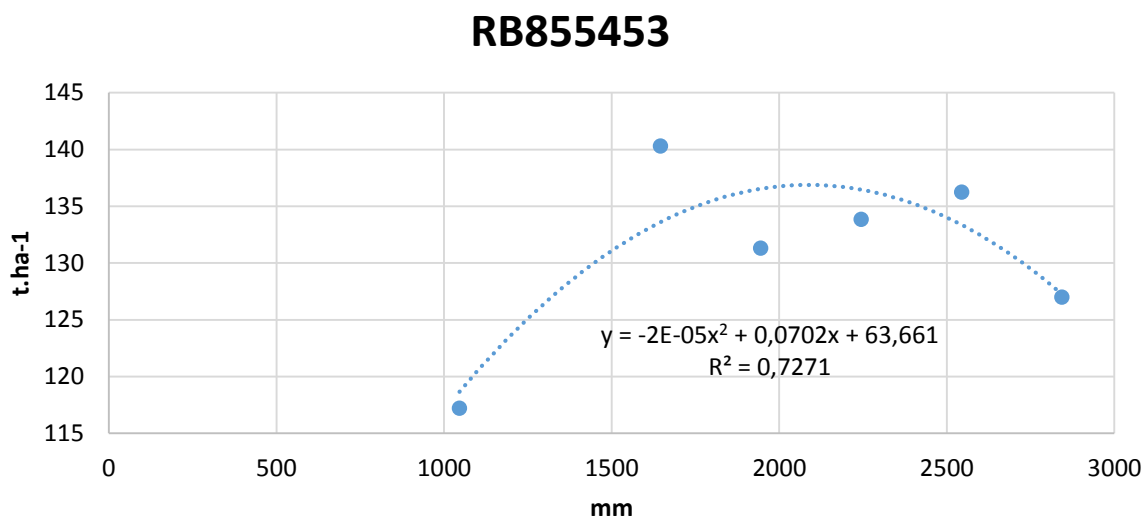
Tabela 23 - Valores médios de produtividade (TCH) da cultivar RB855453 para os seis tratamentos, durante 3 ciclos.

Lâminas	RB855453		
	ANO – 2013 Cana planta (t.ha ⁻¹) 1)	ANO – 2014 Soca 1 (t.ha ⁻¹)	ANO – 2015 Soca2(t.ha ⁻¹) 1)
Testemunha	93,4b	132,5a	101,9a
50% ETc	117,2ab	159,8a	120,8a
75% ETc	109,7ab	145,1a	117,5a
100% ETc	118,8ab	148,8a	118,9a
125% ETc	129,3a	153,7a	118,8a
150% ETc	125,1a	140,6a	113,4a

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

A curva de produção de TCH da cana soca 1 e 2 é apresentada na Figura 9 e nota-se que houve incremento de produtividade até aproximadamente 2.100 mm de água aplicada. Após esse ponto, a cultivar reduziu sua produtividade com o aumento da lâmina.

Figura 9 - Curva de produtividade para fase de maturação de TCH para a cultivar RB855453.



5.1.11. Matéria seca.

Na Tabela 24 são apresentados os dados médios de matéria seca (MS) e observou-se que houve diferença significativa entre as lâminas de irrigação.

Tabela 24 - Valores médios da variável matéria seca (MS) para a cultivar de cana-de-açúcar RB855453, nos três anos de avaliação e para os seis tratamentos com lâminas de água.

t. ha ⁻¹	RB855453		
	ANO – 2013 Cana planta (t.ha ⁻¹)	ANO – 2014 Soca 1 (t.ha ⁻¹)	ANO – 2015 Soca2(t.ha ⁻¹)
Testemunha	26,0b	31,7a	32,4a
50% ETc	32,6ab	38,0a	38,1a
75% ETc	31,4ab	36,5a	37,6a
100% ETc	33,9ab	39,4a	36,4a
125% ETc	36,1a	40,3a	35,3a
150% ETc	36,7a	36,3a	37,2a

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

Apenas o tratamento testemunha para cana planta apresentou menor matéria seca, sendo todos os demais iguais. Na soca 1 e na soca 2 a variedade não apresentou diferença estatística entre as lâminas, indicando que as quantidades de

água aplicadas principalmente na soqueira não foram capazes de mudar os valores de matéria seca para a cultivar.

5.1.12. ATR.

Na Tabela 25 estão apresentados os dados médios de ATR. O ATR não diferiu em sua concentração por tonelada de cana na maioria dos tratamentos; a lâmina 50% da ETc apresentou menor concentração de açúcar em cana soca. A soca 2 foi favorável ao acúmulo de açúcar.

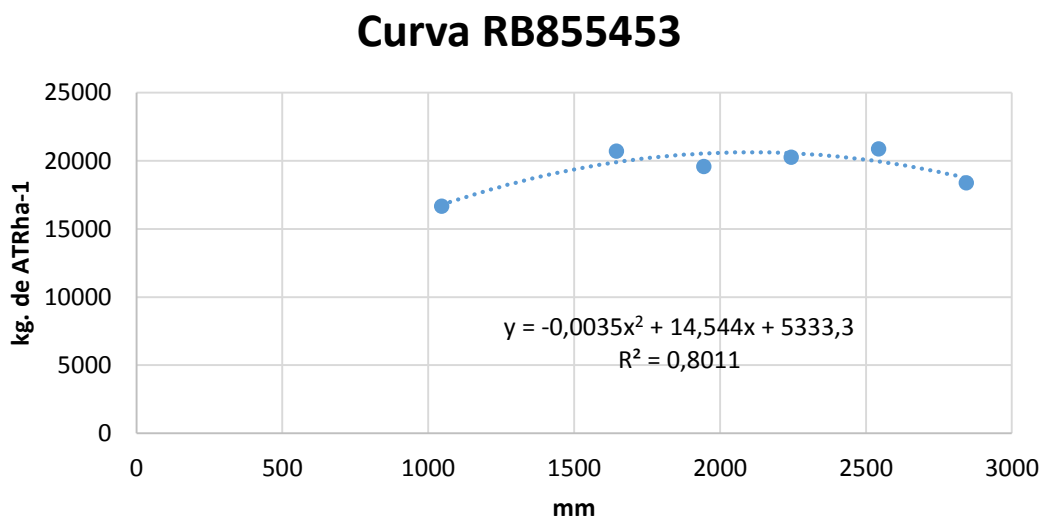
Tabela 25 - Valores médios da variável ATR para a cultivar de cana-de-açúcar RB855453, nos três anos de avaliação e para os seis tratamentos com lâminas de água.

Lâmina	RB855453		
	Cana planta Kg t ⁻¹	Soca 1 Kg t ⁻¹	Soca 2 Kg t ⁻¹
Testemunha	137,90a	161,30a	154,40ab
50% ETc	149,09a	164,26a	152,23ab
75% ETc	150,34a	163,06a	158,23ab
100%ETc	148,07a	157,98a	165,70a
125%ETc	147,22a	161,36a	158,31ab
150%ETc	146,09a	142,77b	148,15b

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

Quando se multiplica os valores de ATR por seus respectivos valores de produção para cada lâmina encontra-se a curva de produção em Kg de ATR. ha⁻¹ (Figura 10). A cultivar RB855453, que é responsiva a água, apresentou produtividades crescentes até 2.500 mm anuais de água aplicada (chuva + irrigação), decrescendo após este valor.

Figura 10 - Curva de acúmulo de açúcar recuperável (Kg de ATR.ha-1) para a cultivar RB855453.



5.2. Cultivar RB92579

5.2.1. Eficiência das lâminas de irrigação.

Para DOOREMBOS & KASSAM (1979), a EUA na cultura da cana-de-açúcar varia de 5 a 8 kg m⁻³, enquanto Farias et al. (2008) encontraram 7,12 kg.m⁻³ para a lâmina correspondente a 100% da ETc.

A cultivar RB92579 apresentou grande eficiência no uso da água, conforme pode ser verificado na Tabela 26, com valores de EUA superiores aos encontrados na literatura.

Tabela 26 - Eficiência da lâmina de irrigação aplicada na cultivar de cana-de-açúcar RB92579.

Lâmina	Soca 1 RB92579 Kg.m-3	Soca 2 RB92579 Kg.m-3
Testemunha	---	---
50% ETc	27,56	24,52
75% ETc	15,6	16,90
100% ETc	14,15	11,49
125% ETc	12,44	10,01
150% ETc	8,49	9,90

5.2.2. Perfilamento da cana-de-açúcar.

Os resultados para número de perfilhos por metro linear para a cultivar de cana-de-açúcar RB92579 estão apresentados nas Tabelas 27 e 28.

Para a soca 1, os maiores valores de perfilhos por metro foram obtidos para a lâmina de 100% da ETc aos 120 DAC, lâmina de 150% ETc aos 240 DAC e lâmina de 125% ETc para 360.

Na soca 2 os melhores resultados de perfilamento ocorreram para lâmina de 150% ETc (DAC 120 e DAC 240) e para a lâmina de 100% ETc aos 360 DAC.

Orlando Filho e Rodella (1995), em experimento com cana-de-açúcar, observaram um máximo perfilamento de 20-30 plantas por metro linear aos quatro meses após o plantio, tendo um decréscimo desse valor até o momento da colheita. Oliveira et al. (2005) também encontraram máximo perfilamento variando de 20 a 30 plantas m⁻², entre 105 a 120s depois do plantio, em cana planta, com pico de perfilamento aos 120 DAP.

Tabela 27 - Número de perfilhos da cultivar RB92579 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2013/2014 (soca 1).

Lâminas	RB92579		
	DAC 120 m ⁻²	DAC 240 m ⁻²	DAC 360 m ⁻²
Testemunha	20,49a	14,35c	11,27c
50% ETc	19,22b	14,02c	10,19d
75% ETc	19,11b	10,55e	9,86d
100% ETc	20,61a	15,52b	12,15b
125% ETc	18,69c	13,02d	15,97a
150% ETc	18,46c	16,88a	8,20e

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

Tabela 28 - Número de perfilhos da cultivar RB92579 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2014/2015 (soca 2).

Lâminas	RB92579		
	DAC 120 m ⁻²	DAC 240 m ⁻²	DAC 360 m ⁻²
Testemunha	12,37e	10,76e	9,54e
50% ETc	18,06b	14,55b	13,44d
75% ETc	16,60d	13,96c	13,18d
100% ETc	17,32c	13,18d	18,54a
125% ETc	18,23b	13,00d	16,71b
150% ETc	21,16a	16,88a	14,55c

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

Oliveira et al. (2004), analisando o número de perfilhos por metro linear, observaram o máximo perfilhamento aos 182 DAP para as cultivares RB855113 e RB855536 e aos 231 DAP para a RB72454 com valores médios de 19,6; 23 e 14 plantas por metro linear, respectivamente. Observaram também que houve uma redução de 27% na cultivar RB72454, 52% na RB855113 e 57% na RB855536 entre o pico de máximo perfilhamento e a colheita. Esse comportamento pode estar relacionado com o aumento da competição intra-específica por fatores de crescimento, tais como: água, luz, nutrientes e espaço, podendo levar à morte os perfilhos mais jovens, fracos e mal posicionados.

Almeida et al. (2008) relataram 40,5 perfilhos m⁻² para a variedade RB 92579, conduzida a partir do mês de março em área mantida sob irrigação, no ciclo de soca, no Estado de São Paulo.

5.2.3. Altura dos colmos.

A cultivar RB92579 na soca 1 (Tabela 29) apresentou melhores resultados de altura de planta com as maiores lâminas aplicadas, ou seja, 150% da ETc para 120 DAC e 240 DAC, bem como as lâminas 125% e 150% aos 360 DAC.

Tabela 29 - Valores médios da altura, em cm, da cultivar RB92579 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2013/2014 (soca 1).

Lâminas	RB92579		
	DAC 120	DAC 240	DAC 360
Testemunha	71,37d	155,90d	234,8e
50% ETc	88,65b	195,87b	315,2c
75% ETc	73,29cd	172,65c	311,5c
100% ETc	85,70b	201,87b	327,6b
125% ETc	82,16bc	215,37a	284,7a
150% ETc	110,36a	221,37a	293,8a

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

Para a soca 2 (Tabela 30), novamente as maiores alturas de planta foram obtidas nas maiores lâminas aplicadas, apresentando assim respostas positivas em relação à irrigação. De acordo com Oliveira et al. (2012) quanto maior a lâmina de reposição hídrica, maior será o investimento da planta em altura.

A expansão da célula, processo ligado ao crescimento da planta, é muito sensível ao déficit hídrico (PÁEZ et al., 1995). O crescimento excessivo da planta pode não ser desejado pelo produtor pelo risco de tombamento, dificultando assim a colheita e aumentando as impurezas.

Tabela 30 - Valores médios, em cm, da altura da cultivar RB92579 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2014/2015 (soca 2).

Lâminas	RB92579		
	DAC 120	DAC 240	DAC 360
Testemunha	89,93d	169,07d	290,93d
50% ETc	119,16b	213,41c	348,64b
75% ETc	103,10c	207,96c	312,50c
100% ETc	139,02a	257,17b	351,20b
125% ETc	140,05a	248,74b	365,05a
150% ETc	137,28a	283,46a	361,90a

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

5.2.4. Diâmetro dos colmos.

Os valores do diâmetro dos colmos para a cultivar de cana-de-açúcar estudada estão apresentados nas Tabelas 31 e 32. Segundo Silva (2013) o diâmetro do colmo é a variável que apresentou menor variação, por depender das características genéticas da planta, do número de perfilhos, do espaçamento e das condições climáticas.

Aos 120DAC, a lâmina 150% da ETc apresentou o maior diâmetro; não houve diferença aos 240 DAC entre as lâminas; e aos 360DAC a lâmina 100% ETc apresentou diâmetro superior em relação aos obtidos com as demais lâminas.

Resultados similares foram encontrados por Oliveira et al. (2004) com cana-planta em regime de sequeiro em Paranaíba - PR, onde verificaram um diâmetro de 3,04 cm para a cultivar RB72454; 2,89 cm para a RB855113 e 2,73 cm para a RB855536, aos 377 DAP.

Ramesh e Mahadevaswamy (2000), trabalhando com quatro cultivares de cana-de-açúcar na Índia, encontraram valores de diâmetro do colmo de 2,76 cm em plantas submetidas a estresse hídrico severo, 2,8 cm em estresse moderado e 2,93 cm em condições ótimas de umidade de solo. Relações entre diâmetro, altura e massa de colmos são indicativos práticos interessantes, pois maiores alturas e rendimentos de biomassa estão associados à menores diâmetros de colmos (DIAS et al., 2012)

Tabela 31- Valores médios do diâmetro, em cm, da cultivar RB92579 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2013/2014 (soca 1).

Lâminas	RB92579		
	DAC 120 cm	DAC 240 cm	DAC 360 cm
Testemunha	2,28b	2,37a	2,64b
50% ETc	2,44ab	2,52a	2,25c
75% ETc	2,48ab	2,58a	2,35bc
100% ETc	2,59ab	2,42a	3,08a
125% ETc	2,51ab	2,50a	2,21c
150% ETc	2,76a	2,37a	2,18c

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

Para a soca 2 (Tabela 32), a RB92579 apresentou o maior valor de diâmetro na lâmina 150% da ETc aos 120 DAC, com 3,74cm de diâmetro. Aos 240 DAC as lâminas

correspondentes à testemunha, 100 e 150% ETc foram superiores as demais. Aos 360 DAC, o menor diâmetro ocorreu na testemunha, com as demais lâminas não diferindo entre si.

Tabela 32. Valores médios do diâmetro, em cm, da cultivar RB92579 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2014/2015 (soca 2).

Lâminas	RB92579		
	DAC 120 cm	DAC 240 Cm	DAC 360 cm
Testemunh a	2,67b	2,33ab	2,22b
50% ETc	2,37bc	2,14bc	2,43ab
75% ETc	2,05c	1,83c	2,47ab
100% ETc	2,49b	2,30ab	2,60a
125% ETc	2,34bc	2,03bc	2,63a
150% ETc	3,74a	2,54a	2,54ab

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

5.2.5. Comprimento das folhas.

A diminuição do comprimento da folha e a modificação de sua estrutura são respostas da planta à deficiência hídrica (SANTOS; CARLESSO, 1998). As plantas podem reduzir ou aumentar o tamanho das folhas dependendo se há déficit hídrico ou não (SMIT; SINGELS, 2006). Os valores de comprimento das folhas estão nas Tabelas 33 e 34.

Na cana primeira soca, aos 120 DAC, a lâmina 150% ETc apresentou o maior comprimento de folha; aos 240 DAC, as lâminas estudadas não diferiram quanto ao comprimento da folha, porém todas foram superiores à testemunha. Aos 360 DAC, a testemunha e a lâmina 150% da ETc apresentaram comprimentos de folha menores que as demais lâminas.

Tabela 33 - Valores médios, em cm, do comprimento da folha da cultivar RB92579 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2013/2014 (soca 1).

Lâminas	RB92579		
	DAC 120 cm	DAC 240 Cm	DAC 360 cm
Testemunha	122,29b	137,66b	137,73c
50% ETc	119,96bc	147,21a	153,78a
75% ETc	112,69d	146,36a	157,49a
100% ETc	119,71bc	148,73a	156,13a
125% ETc	115,59cd	145,98a	151,78a
150% ETc	132,63a	149,76a	145,00b

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

Na cana soca 2 (Tabela 34), aos 120 DAC os melhores resultados de comprimento de folha foram obtidos com as lâminas de 100, 125 e 150% da ETc; para o DAC 240, foram as lâminas de 100 e 150% ETc; e em DAC 360, foram as lâminas 50, 75, 100 e 125% da ETc.

Tabela 34 - Valores médios, em cm, do comprimento da folha da cultivar RB92579 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2014/2015 (soca 2).

Lâminas	RB92579		
	DAC 120 cm	DAC 240 Cm	DAC 360 cm
Testemunha a	120,02bc	128,83d	146,07a
50% ETc	124,29b	139,45c	144,26a
75% ETc	115,34c	133,41d	143,40a
100% ETc	132,75a	151,06ab	133,10b
125% ETc	130,74a	148,75b	147,40a
150% ETc	130,42a	156,38a	136,20b

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

5.2.6. Largura das folhas.

Os valores da variável largura das folhas para a cultivar de cana-de-açúcar estudada estão apresentados nas Tabelas 35 e 36. Considerando a cultivar RB92579 (Tabela 37), em DAC 120 e 240, os tratamentos avaliados não se diferenciaram estatisticamente. Em DAC 360, a lâmina de irrigação que apresentou melhor resultado foi 75% ETc, diferenciando-se estatisticamente das demais. Para soca 2 (Tabela 37), em DAC120, o maior valor para a variável largura da folha foi de 4,30 cm, obtido com 100% da ETc. Para DAC 240, o menor valor para a variável largura da folha foi de 3,91 cm correspondente à lâmina 75% da ETc.

Observou-se, também, uma pequena flutuação dos valores da variável largura de folhas dentro da cultivar, mostrando que as lâminas de irrigação testadas não foram determinantes para esta variável, pois tanto nos tratamentos irrigados como no tratamento sem irrigação a cana-de-açúcar não manteve as alterações em largura da folha constante durante os anos.

Tabela 35 - Valores médios em centímetro do largura da folha da cultivar RB92579 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2013/2014 (soca 1).

Lâminas	RB92579		
	DAC 120 cm	DAC 240 Cm	DAC 360 cm
Testemunha	3,06a	4,46a	3,92c
50% ETc	3,29a	4,88a	4,93b
75% ETc	2,76a	5,03a	6,22a
100% ETc	3,01a	4,82a	4,75bc
125% ETc	2,85a	5,02a	4,20bc
150% ETc	3,60a	4,88a	4,45bc

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

Tabela 36 - Valores médios em centímetro do largura da folha da cultivar RB92579 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2014/2015 (soca 2).

Lâminas	RB92579		
	DAC 120 cm	DAC 240 Cm	DAC 360 cm
Testemunha	3,33bc	4,38ab	4,94ab
50% ETc	3,95ab	4,36ab	4,93ab
75% ETc	3,06c	3,91b	4,34b
100% ETc	4,30a	4,85a	4,90ab
125% ETc	4,00ab	4,52ab	5,32a
150% ETc	4,05ab	5,19a	4,65ab

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

5.2.7. Número de folhas.

Nas Tabelas 37 e 38 são apresentados os resultados da variável número de folhas. Segundo SANTOS e CARLESSO (1998) o déficit hídrico pode gerar menor emissão de folhas nas plantas. Existe tendência de queda no número de folhas das cultivares RB855453 e RB92579 em tratamento com estresse hídrico, conforme verificado por Holanda et al. (2014).

Na cana soca 1 (Tabela 38), em DAC 120, os tratamentos com lâminas de irrigação não se diferiram estatisticamente, já para DAC 240, a 125% ETc apresentou os melhores resultados para esta variável, com 6,22 folhas em média. Em DAC 360 as lâminas 75, 125 e 150% ETc apresentaram valores superiores aos demais, destacando o tratamento com lâmina 125% ETc que apresentou 4,33 folhas.

Tabela 37 - Valores médios de número de folha da cultivar RB92579 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2013/2014 (soca 1).

Lâminas	RB92579		
	DAC 120	DAC 240	DAC 360
Testemunha	5,18a	4,82c	3,15bc
50% ETc	5,44a	5,58b	2,97c
75% ETc	5,49a	5,59b	4,04a
100% ETc	5,36a	5,70b	3,49b
125% ETc	5,09a	6,22a	4,33a
150% ETc	5,46a	5,98ab	4,25a

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

Para soca 2 (Tabela 38), em DAC 120, os tratamentos que apresentaram melhores resultados foram as lâminas 100, 125 e 150% ETc. Em DAC 240, foram os tratamentos 125 e 150% da ETc. Já em DAC 360, as lâminas 50 e 100% da ETc obtiveram os melhores resultados, apresentando 7,54 e 7,90 folhas, respectivamente.

Tabela 38 - Valores médios de número de folha da cultivar RB92579 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2014/2015 (soca 2).

Lâminas	RB92579		
	DAC 120	DAC 240	DAC 360
Testemunha	4,89b	5,80b	6,51c
50% ETc	4,90b	5,85b	7,54ab
75% ETc	4,79b	5,33c	6,60c
100% ETc	5,62a	5,90b	7,90a
125% ETc	5,57a	6,09ab	7,44b
150% ETc	5,88a	6,45a	6,71c

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

No segundo ano, o índice pluviométrico foi maior e notou-se, para a cultivar RB92579, um aumento no número de folhas no final do ciclo, o que não ocorreu no final do ciclo para o primeiro ano.

Silva et al. (2012) observaram que o número de folhas variou entre 6 e 8 folhas por colmo, apresentando redução ao final do ciclo, em decorrência da diminuição da

emissão pelas plantas e do aumento da taxa de senescência. O maior valor de folhas (8 folhas.colmo⁻¹) foi verificado entre 200 e 250 DAC.

5.2.8. Área foliar.

A limitação à expansão da área foliar e a modificação de sua estrutura são uma resposta à deficiência hídrica, que reduz o tamanho e o surgimento de novas folhas (SANTOS; CARLESSO, 1998). Esta redução é uma estratégia para diminuir a superfície transpirante e o gasto metabólico para a manutenção dos tecidos (SMIT; SINGELS, 2006).

Os resultados da variável área foliar estão apresentados nas Tabelas 39 e 40. Para a cultivar RB92579, soca 1, em DAC 120 os tratamentos testemunha, 50, 100 e 150% da ETc apresentaram os maiores valores para a variável área foliar; já para DAC 240 o tratamento sem irrigação (testemunha) apresentou o menor valor; para DAC 360 a lâmina que se destacou com melhor resultado foi a 75% da ETc.

Tabela 39 - Valores médios de área foliar da cultivar RB92579 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2013/2014 (soca 1).

Lâminas	RB92579		
	DAC 120 cm ²	DAC 240 cm ²	DAC 360 cm ²
Testemunha	0,21ab	0,31b	0,21c
50% ETc	0,23a	0,41a	0,29bc
75% ETc	0,18b	0,42a	0,46a
100% ETc	0,20ab	0,42a	0,31b
125% ETc	0,18b	0,46a	0,30b
150% ETc	0,29a	0,44a	0,30b

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

Para soca 2 (Tabela 40), em DAC 120 os tratamentos que apresentaram maior valor de área foliar foram 50, 100, 125 e 150% da ETc; em DAC 240 os melhores resultados foram encontrados nas lâminas 50, 100 e 150% da ETc; e em DAC 360 as lâminas com maior área foliar foram 50, 100 e 125% ETc. Holanda et al. (2014) encontraram menor área foliar na mesma cultivar quando submetida a estresse hídrico, mostrando que existe relação entre disponibilidade de água e área foliar.

Tabela 40 - Valores médios de área foliar da cultivar RB92579 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2014/2015 (soca 2).

Lâminas	RB92579		
	DAC 120 cm ²	DAC 240 cm ²	DAC 360 cm ²
Testemunha	0,21b	0,34d	0,46bcd
50% ETc	0,26ab	0,37abc	0,51ab
75% ETc	0,18b	0,29c	0,40d
100% ETc	0,34a	0,44ab	0,48abc
125% ETc	0,31a	0,41bc	0,56 ^a
150% ETc	0,32a	0,52a	0,42cd

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

5.2.9. Índice de área foliar (IAF).

Nas Tabelas 41 e 42 estão apresentados os resultados do índice de área foliar (IAF) da cultivar de cana-de-açúcar submetida a diferentes lâminas de irrigação ao longo do seu ciclo de cultivo. O IAF é um indicador da interceptação da radiação solar usada no processo fotossintético, que é fundamental para a eficiência da conversão de energia solar em biomassa. Os maiores valores de IAF ocorreram aos 240 DAP para cultivares estudadas.

Tabela 41 - Valores médios do índice de área foliar da cultivar RB92579 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2013/2014 (soca 1).

Lâminas	RB92579		
	DAC 120 m ² .m ⁻²	DAC 240 m ² .m ⁻²	DAC 360 m ² .m ⁻²
Testemunha	4,25bc	4,53c	2,22de
50% ETc	4,53ab	5,80b	3,06cd
75% ETc	3,45c	4,44c	4,36ab
100% ETc	4,22bc	6,42ab	3,86bc
125% ETc	3,29c	6,01b	4,96a
150% ETc	5,28a	7,40a	1,76e

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

Tabela 42 - Valores médios do índice de área foliar da cultivar RB92579 para os seis tratamentos e três avaliações durante o ano safra 2014/2015 (soca 2).

Lâminas	RB92579		
	DAC 120 m ² .m ⁻²	DAC 240 m ² .m ⁻²	DAC 360 m ² .m ⁻²
Testemunha	2,68c	4,54d	5,06d
50% ETc	5,96b	0,70e	7,55a
75% ETc	3,62c	4,81d	5,55cd
100% ETc	6,45ab	8,09b	6,45bc
125% ETc	7,39a	6,68c	7,35ab
150% ETc	7,04a	12,73a	7,16ab

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

Na cultivar RB92579, soca 1, em 120 DAC destacaram-se as lâminas 50 e 150% ETc com os maiores resultados de IAF; em 240 DAC as lâminas 100 e 150% ETc e em DAC 360 as lâminas 75 e 125 foda ETc.

Para soca 2 (Tabela 37), em 120 DAC, as lâminas 100, 125 e 150% ETc resultaram em maiores valores de IAF; em DAC 240, o melhor resultado foi obtido com a lâmina 150 da ETc; e em 360DAC as lâminas 50 e 125 e 150% da ETc apresentaram os melhores resultados para IAF.

Os valores de IAF máximos obtidos nessa pesquisa foram coerentes com aqueles determinados em cana-planta por Robertson et al. (1999) (exceto o IAF de 12,73 ainda não relatado na cultivar RB92579), que obtiveram IAF máximo de 4,92. Farias et al. (2008) obteve IAF máximo de 6,82 sob irrigação plena aos 152 DAP e 6,80 em condição de sequeiro aos 147 DAP. Oliveira et al. (2004) observaram para as cultivares RB72454 e RB855113 IAF máximo de 4,8 e 5,8 aos 377 DAP, respectivamente, e de 4,5 aos 323 DAP para a cultivar RB855536. Considerando outras cultivares de cana-de-açúcar em diferentes ciclos de cultivo, alguns autores têm encontrado em cana-planta valores máximos para IAF de 4,9 aos 120 DAP (Santos et al., 2009) e 4,3 aos 170 DAP (LEME et al., 1982). Em cana-soca, Almeida et al., (2008) obtiveram IAF de 6,0 aos 210 DAP.

5.2.10. Produtividade da cana-de-açúcar.

A partir deste item, os dados contemplam também a cana planta. Portanto, têm-se três ciclos, correspondentes ao ano 1, ano 2 e ano 3 ou cana planta, cana soca1 e cana soca 2, respectivamente.

Na Tabela 43 são apresentados os dados de produtividade média. Observou-se que houve diferença significativa entre as lâminas de irrigação. A cultivar de cana-de-açúcar RB92579 de maturação média à tardia se destacou quanto à produtividade de colmos e de açúcar e quanto à eficiência de uso da água, sendo recomendada para estudos de resposta à irrigação pela cana-de-açúcar (Oliveira et al., 2011).

Tabela 43 - Valores médios de produtividade (TCH) da cultivar RB92579 para os seis tratamentos e uma avaliações ao final do ciclo durante três anos.

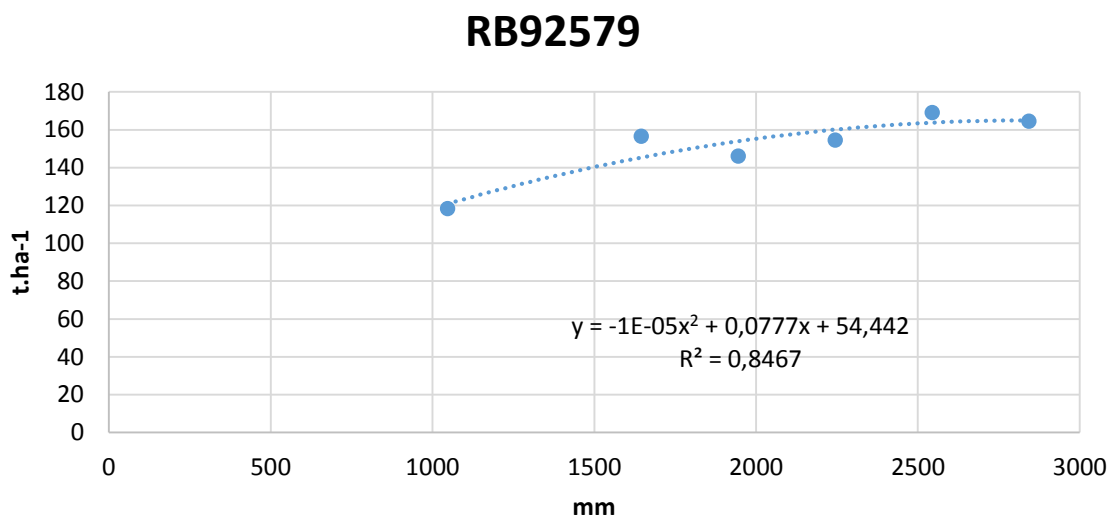
Lâminas	RB92579		
	ANO – 2013 Cana planta t.ha ⁻¹	ANO – 2014 Soca 1 t.ha ⁻¹	ANO – 2015 Soca 2 t.ha ⁻¹
Testemunha	152,5b	123,0c	113,6b
50% ETc	159,8b	174,0ab	139,0ab
75% ETc	174,2 ab	148,5bc	143,7ab
100% ETc	171,2ab	178,6ab	130,3b
125% ETc	201,6a	196,3a	141,8ab
150% ETc	199,4b	160,7b	168,4a

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

Considerando a cultivar RB92579 (Tabela 43), a cana planta foi a que apresentou as maiores médias de produtividade, se comparado com as obtidas nos demais. Para todos os anos analisados, os tratamentos com lâminas de irrigação apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. As lâminas que apresentaram diferença estatística em cana planta foram 75, 100 e 125% ETc, chegando a 201,6 de TCH. Observou-se que a produtividade para a cultivar RB92579, apresentou os maiores valores para as lâminas 125 e 150% ETc.

Observando a curva de produção de TCH da soqueira da cultivar na Figura 11, notou-se que houve incremento de produtividade para as lâminas testadas.

Figura 31 - Curva de produtividade de TCH para a cultivar RB92579.



5.2.11. Matéria seca.

Na Tabela 44 estão apresentados os dados médios de matéria seca (MS) para a cultivar de cana-de-açúcar RB92579 nesta pesquisa. O menor acúmulo de matéria seca pelas plantas sob estresse hídrico é consequência dos mecanismos da própria planta para evitar a perda excessiva de água, (CAVATTE et al., 2011).

Tabela 44 - Valores médios da variável matéria seca (MS) para a cultivar de cana-de-açúcar RB92579, nos três anos de avaliação e para os seis tratamentos com lâminas de irrigação (50, 75, 100, 125, 150% ETc e testemunha sem irrigação).

Lâmina	RB92579		
	ANO – 1 t. ha ⁻¹	ANO – 2 t. ha ⁻¹	ANO – 3 t. ha ⁻¹
Testemunha	40,4b	27,2c	35,0b
50% ETc	41,7b	41,1bc	39,7b
75% ETc	44,1b	33,9bc	40,0b
100% ETc	47,4ab	42,3ab	41,2b
125% ETc	53,7a	45,5ab	42,7b
150% ETc	54,7a	36,1a	54,4a

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

Para a cultivar RB 92579 (Tabela 44) observou-se que as lâminas 100, 125 e 150% ETc apresentaram diferença estatística, sendo superiores às demais para a

cana planta e cana soca 1. Para cana soca 2, apenas a lâmina 150% ETc apresentou diferença mostrando que essa cultivar tem influência da lâmina de irrigação para os valores de matéria seca.

Na cultivar RB92579 os maiores valores de matéria seca foram obtidos para as lâminas de 100, 125 e 150% da ETc. O menor resultado para a variável MS ocorreu no tratamento sem irrigação (testemunha) para o segundo ano de avaliação, tendo este ano apresentado os menores índices pluviométricos, mostrando uma maior sensibilidade ao estress hídrico da cultivar RB92579.

5.2.12. ATR.

Na Tabela 45 estão apresentados os dados médios de ATR para a cultivar de cana-de-açúcar RB92579.

Tabela 45 - Valores médios da variável ATR para a cultivar de cana-de-açúcar RB92579, nos três anos de avaliação e para os seis tratamentos com lâminas de irrigação (50, 75, 100, 125, 150 % ETc e testemunha sem irrigação).

Lâmina	RB92579		
	ANO – 1 Kg t ⁻¹	ANO – 2 Kg t ⁻¹	ANO – 3 Kg t ⁻¹
Testemunha	158,04a	159,62a	156,04a
50% ETc	143,80ab	153,67a	151,22a
75% ETc	140,78b	153,90a	123,14b
100%ETc	144,56ab	151,58a	145,28a
125%ETc	157,40a	158,17a	158,51a
150%ETc	157,66a	153,54a	159,42a

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

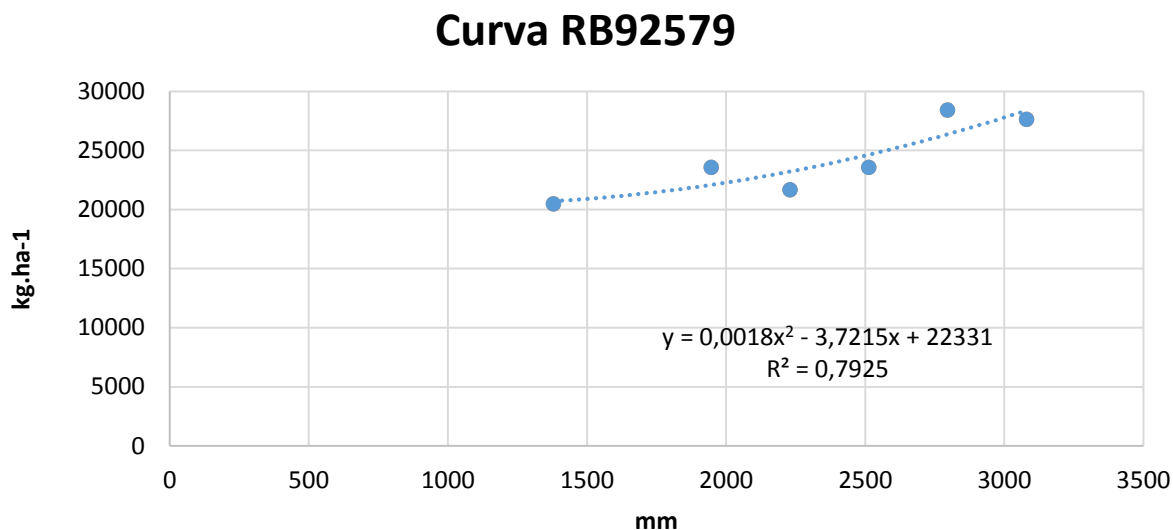
As maiores produtividades para RB92579 ocorreram nos tratamentos testemunha, lâminas 50, 100, 125 e 150% ETc, em todos os períodos avaliados.

O ATR não diferiu em sua concentração por tonelada de cana na maioria dos casos. Na RB92579, a lâmina 75% da ETc em cana planta apresentou a menor concentração de açúcar. O ano 2 foi favorável ao acúmulo de açúcar.

Quando multiplica-se os valores de ATR pelos valores de produção dentro de cada tratamento obtém-se as produtividades que foram plotadas em curvas de produção em Kg de ATR. ha⁻¹ pela lâmina de irrigação aplicada em mm (Figura 12).

Na Figura 12 é apresentada a curva de produtividade para a cultivar de cana-de-açúcar RB92579 que é responsiva a água, com valores crescentes até 3.000 mm anuais de chuva mais irrigação.

Figura 12 - Curva de produtividade acúmulo de açúcar recuperável (Kg de ATR.ha-1) para a cultivar de cana-de-açúcar RB92579.



A cultivar RB92579 foi colhida no início de sua recomendação agronômica podendo ainda apresentar melhores resultados até setembro, final de sua época de colheita para apresentar seu máximo potencial. A cultivar apresentou resposta positiva acima de 2.000 mm anuais. Notou-se que a cultivar se comportou de maneira inesperada aumentando ATR com a lâmina 150% da ETc.

6. CONCLUSÕES

Para a cultivar RB855453 houve maior perfilhamento nas lâminas 100, 125 e 150% da ETc. Na maturação, final do ciclo, as melhores lâminas foram de 50 e 75% da ETc, em relação aos demais tratamentos. Já a cultivar RB92579 obteve resultados superiores no intervalo de 100 até 150% da ETc, com destaque maior para 125 e 150% da ETc.

A produtividade só foi menor na testemunha da cana planta da cultivar RB855453. A cultivar RB92579 apresentou maior produtividade a partir da lâmina 50% da ETc, sendo que a melhor lâmina foi a de 125% da ETc.

Quanto à matéria seca, a RB855453 apresentou resultados semelhantes em todas as lâminas avaliadas sendo inferior apenas na testemunha da cana planta, enquanto na RB92579 a lâmina 150% da ETc gerou o maior valor de matéria seca.

Para acúmulo de açúcar em ATR.ha⁻¹ a cultivar RB92579 foi superior à RB855453, quando irrigadas.

Para ATR, praticamente não houve diferença entre as cultivares. A cultivar RB855453 obteve menor resultado na lâmina 150% da ETc. Já a cultivar RB92579 obteve menor valor de ATR na lâmina 75% da ETc.

Como o pagamento de cana é por peso ou por ATR a cultivar RB92579 se mostrou mais produtiva nos dois quesitos e a lâmina 125% da ETc se mostrou a mais produtiva para TCH e ATR.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. Acesso em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 8 ago. 2015.
- AGUIAR, F. L. Cana-de-açúcar: de gota em gota. In: FNP COSULTORIA e COMÉRCIO: Agrianual, 2006: **Anuário da Agricultura Brasileira**, São Paulo, p. 227-248, 2006.
- AGUIAR, J. V. de. **A função de produção na agricultura irrigada**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2005. 196 p.
- ALENCAR. K. Análise do balanço entre demanda por etanol e oferta de cana-de-açúcar no Brasil. 2012. 49 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- ALMEIDA, A. C. dos S. *et al.*, Desenvolvimento vegetativo e produção de cultivares de cana-de-açúcar em relação à disponibilidade hídrica e unidades térmicas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1441-1448, 2008.
- ALVAREZ, A. A.; CASTRO, P. R. C. Crescimento da parte aérea de cana crua e queimada. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 1069-1079, 1999.
- ARTSCHWAGER, E. Anatomy of the vegetative organs of sugar cane. *Journal of Agricultural Research*, Washington, v. 30, n. 3, p. 197-221, 1925.
- AYARS, J.E.; et al., Impact of bed location on the operation of subsurface drip irrigation systems In: INTERNATIONAL MICROIRRIGATION CONGRESS, 5., 1995, St. Joseph. Proceedings... St. Joseph: ASAE, 1995. p.141-146.
- AYARS, J.E.; et al., Subsurface drip irrigation of rows crops: a review of 15 years of research at the water management research laboratory. *Agricultural Water Management*, n.42, p. 1-27, 1999. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0378-3774\(99\)00025-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-3774(99)00025-6)> Acesso em: 20 jul de 2015.

BARRACLOUGH & CO. Audit of water & irrigation use efficiencies on farms within the Queensland horticultural industry. Queensland, 1999. 174 p.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. 2ed Jaboticabal: FUNEP, 41p. 2003.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8. ed. Viçosa, MG: Universitária, 2008. 625 p.

BEZUIDENHOUT, C. N. et al., A process based model to simulate changes in tiller density and light interception of sugarcane crops. **Agricultural Systems**, Durban, v. 76, n. 2, p. 589-599, 2003.

CALDWELL, D. S., SPURGEON, W. E., MANGES, H. L. Frequency of irrigation subsurface drip-irrigated corn. **Transactions of the ASAE**, Manhattan, v. 37, n. 4, p. 1099- 103, 1994.

CÂMARA, G. M. S. Ecofisiologia da cana-de-açúcar. In: CÂMARA, G. M. S.; OLIVEIRA, E. A. M. (Ed.). **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ, 1993, p. 31-64.

CAMP, C.R. Subsurface drip irrigation: a review. *Transactions of ASAE*, v.41, n.5, p.1353-1376, 1998.

CASTRO, P. R. C. Aplicações da fisiologia vegetal no sistema de produção da cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FISILOGIA DA CANA-DE-AÇÚCAR, 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: STAB, 2000. 9 p.

CASTRO, P. R. C. Fotossíntese na cana-de-açúcar. **Revista STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 20, n. 3, p. 26-27, 2002.

CASTRO-DÍEZ, P.; VILLAR-SALVADOR, P.; PÉREZ-RONTOME, C.; MAESTRO-MARTÍNEZ, M.; MONTSERRAT-MARTÍ, G. **Leaf morphology and leaf chemical compositions in three Quercus (Fagaceae) species along a rainfall gradient in NE Spain**. *Trees – Structure and Function*, Darmstadt, v. 11, p. 127-134, 1997.

CAVATTE, P. C. A fisiologia dos estresses abióticos. In: FRITSCHÉ-NETO, R.; BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011. p. 39-79.

CHAVES, M. M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. *Annals of Botany*, v.103, p.551-560, 2009.

CHRISTOFFOLETI, P. J. **Aspectos fisiológicos da brotação, perfilhamento e florescimento da cana-de-açúcar**. Piracicaba, ESALQ, 1986, 80 p.

- CHRISTOFIDIS, D. Os recursos hídricos e a prática da irrigação no Brasil e no mundo. **Item**, Brasília, DF, n. 49, p. 8-13, 2001.
- COELHO, E. F. et al., Produção do mamoeiro cultivar Tainung nº 1 sob diferentes regimes de irrigação nos tabuleiros costeiros do recôncavo baiano, In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 17, 2002, Belém, **Anais...** 2002b. CD-Rom.
- COLAIZZI, P.D. et al., Comparison of sdi, lepa, and spray irrigation performance for grain sorghum **Transactions of the ASAE**, v.47, n.5, p.1477-1492, 2004.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_04_13_08_45_51_boletim_cana_portugues_-_4o_lev_-_14-15.pdf> Acesso em: 8 ago. 2015.
- Costa, C. T. S. (2012). Crescimento, produtividade e viabilidade econômica de cana-de-açúcar, sob diferentes lâminas de irrigação, na região de Penápolis
- DALRI, A. B. **Efeito da frequência de irrigação subsuperficial por gotejamento no desenvolvimento inicial de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. 2001. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.
- DALRI, A. B. *et al.*, Irrigação por gotejamento subsuperficial na produtividade e qualidade de cana-de-açúcar. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 1-11, 2008.
- DALRI, A. B. Irrigação em cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**, Piracicaba, 2006. p. 157-170.
- DASBERG, S.; BRESLER, E. Drip irrigation manual. Israel: International Irrigation Information Center (IIIC), 1985. 95p. (IIIC Publication n 9).
- DELGADO, A. A.; CESAR, M. A. A. **Elementos da tecnologia e engenharia de açúcar de cana**. Departamento de Tecnologia Rural – ESAL, Piracicaba, SP, v. 1, 1977, 363 p.
- DIAS, C. M. O.; CORSATO, C. E.; SANTOS, V. M.; SANTOS, A. F. S. **Indicadores fitotécnicos, de produção e agroindustriais em cana-de-açúcar cultivada sob dois regimes hídricos**. Revista Caatinga, Mossoró, v. 25, n. 3, p. 58-65, 2012.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. Roma: FAO, 1979. 193 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 33).
- EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – 2007. Disponível em <http://www.embrapa.com.br>. Acesso em: 9 ago. 2015.

FARIAS, C. H. de A. *et al.*, Índices de crescimento da cana-de-açúcar irrigada e de sequeiro no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 4, p. 356-362, 2008.

FERREIRA, V. M. *et al.*, Acúmulo e distribuição de macronutrientes em dois híbridos duplos de milho, em função da disponibilidade de água no solo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 7, n. 1, p. 1-17, 2008.

FLEXAS, J. *et al.*, Decreased Rubisco activity during water stress is not induced by decreased relative water content but related to conditions of low stomatal conductance 82, 2006.

FRIZZONE, J. A. Funções de resposta das culturas à irrigação. Piracicaba: ESALQ/USP, 1993. 43 p. (Série Didática, 6).

FRIZZONE, J.A. *et al.*, Análise comparativa dos custos de irrigação por pivô-central, em culturas de feijão, utilizando energia elétrica e óleo diesel. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v.5, n.1, p.34-53, 1994.

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

GONÇALVES, E. R. *et al.*, Trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a* em cultivares de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 4, p. 378-386, 2010.

GORNAT, B.; NOGUEIRA, L.C. Avaliação da economia de água com irrigação localizada convencional e subterrânea em fruteiras tropicais. Disponível em: <<http://www.iica.org.uy/p2-4.htm>>. Acesso em 15 jul. 2015.

GUSHIKEN, E.C. Irrigating with reclaimed water through permanent subsurface drip irrigation systems. In: INTERNATIONAL MICROIRRIGATION CONGRESS, 5., 1995, St. Joseph. Proceedings...St. Joseph: ASAE, 1995. p.269-274.

HEXEM, R. W.; HEADY, E. O. Water production functions for irrigated agriculture. Iowa: The Iowa State University Press, 1978. 215 p.

HOLANDA *et al.*, VARIÁVEIS MORFOLÓGICAS DA CANA-DE-AÇÚCAR EM FUNÇÃO DO REGIME HÍDRICO DURANTE O DESENVOLVIMENTO INICIAL Irriga, Botucatu, v.19, n.4, p. 573-584, outubro-dezembro,2014

INMAN-BAMBER, N. G. Sugarcane water stress criteria for irrigation and drying off. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 89, p. 107-122, 2004.

- INMAN-BAMBER, N. G.; MUCHOW, R. C.; ROBERTSON, M. J. Dry partitioning of sugarcane in Australia and South Africa. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 76, p. 71-84, 2002.
- INMAN-BAMBER, N. G.; SMITH, D. M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 92, p. 185-202, 2005.
- JORNAL CANA. Disponível em: <<http://www.jornalcana.com.br/noticia/ProCana-Brasil/44479+JornalCana>>. Acesso em: 22 jul. 2015.
- JUAN, J.A.M.S. Riego por goteo: teoría y práctica. 4ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2000. 302p.
- KELLER, J.; BLIESNER, I.D. Sprinkler and trickle irrigation. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990. 652p.
- LANDELL, M.G.A.; CAMPANA, M.P.; FIGUEIREDO, P.; ZIMBACK, L.; SILVA, M.A.; PRADO, H. **Novas cultivares de cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agronômico, 1997. 28p.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**, São Carlos, SP: Rima artes, 2006. 531 p.
- LEIVA, E.; BARRANTES, A. Incremento de la producción de caña de azúcar com riego por goteo enterrado. **Sugar y Azúcar**, v. 93, n. 8, p. 26 - 31, 1998.
- LIMA, C. et al; Características Fenológicas de Cana-de-açúcar Adubada com Fertilizantes Minerais Adicionados de Substâncias Húmicas. FERTIBIO. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/75557/1/Caracteristicas-fenologicas-de-cana-de-acucar.pdf>> Acesso em 8 ago. 15.
- LUCCHESI, A. A. Fatores da produção vegetal, In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. **Ecofisiologia da produção agrícola**. Associação brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato. (POTAFOS). Piracicaba, p. 1-11, 1987.
- MACHADO, E. C. *et al.*, Índices biométricos de duas cultivares de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 17, n. 9, p. 1323-1329, 1982.
- MACHADO, E. C. *et al.*, Índices biométricos de duas cultivares de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 17, n. 9, p. 1323-1329, 1982.
- MANFRINATO, H.A. A irrigação por gotejamento: influencia sobre as relações solo-água. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, n.22, p. 21-25, 1985.
- MATIOLI, C. S. **Irrigação suplementar de cana-de-açúcar: modelo de análise de decisão para o Estado de São Paulo**. 1998.121p. Tese (Doutorado em agronomia/Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

MATSUOKA, S.; GARCIA, A. A. F.; ARIZONO, H. Melhoramento da cana-de-açúcar. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. p. 225-274.

MOZAMBANI, A. E. et al., História e morfologia da cana-de-açúcar, In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. de S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. de. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba, 2006, p. 11-18.

NÓBREGA, J. C. M. de.; DORNELAS, M. C. Biotecnologia e melhoramento da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. de. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba, 2006, p. 39-56.

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

OLIVEIRA, R. A. *et al.*, Crescimento e desenvolvimento de três cultivares de cana-de-açúcar, em cana-planta, no estado do Paraná: Taxas de crescimento. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 6, n. 1-2, p. 85-89, 2005.

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

ORLANDO FILHO, J.; RODELLA, A. A. Adubação nitrogenada em cana-planta: perfilhamento e produtividade agrícola. STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos, v.13, n.3, p.16-18, 1995.

PÁEZ, A. et al. Water stress and clipping management effects on guineagrass: I. Growth and biomass allocation. **Agronomy Journal**, Madison, v. 87, p. 698-706, 1995.

PARANHOS, S. B. Cana-de-açúcar: cultivo e utilização. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 1, 431 p.

PAVERO, J. Subsurface drip irrigation: Is it a good choice for your operation? Published by University of Nebraska and the U.S. Department of Agriculture. Disponível em: < <http://www.ianrpubs.unl.edu/live/ec776/build/ec776.pdf>>. Acesso em 5 ago. 2015.

PINCELLI, R. P.; SILVA, M. A. Alterações morfológicas foliares em cultivares de cana-de-açúcar em resposta à deficiência hídrica. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, p. 546 – 556, 2012.

- PIRES, R. C. M.; ARRUDA, F. B.; SAKAI, E. Irrigação e drenagem. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M. de; LANDELL, M. G. de A. **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agronômico, 2008. p. 631-670.
- QUEIROZ, J. E. et al., Estratégias ótimas de irrigação do feijoeiro: Terra como fator limitante da produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 31, n. 1, p. 55-61, 1996.
- RAMESH, P.; MAHADEVASWANY, M. Effect of formative phase drought on different classes of shoots, shoot mortality, cane attributes, yield and quality of four sugarcane cultivars. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Berlin, v. 185, n. 14, p. 249-258, 2000.
- ROBERTSON, M. J. *et al.*, Estimating the risk associated with drying-off strategies for irrigated sugarcane before harvest. *Aust. J. Agric. Res.* 50, 65-77, 1999.
- RODRIGUES, J. D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. 1995. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_04_13_08_49_33_boletim_cana_portugues_-_1o_lev_-_15-16.pdf>. Acesso em: 8 jul. 2015.
- SAMALLWOOD, M. F.; CALVERT, C. M.; BOWLES, D. J. Plant responses to environmental stress, **Bios Scientific**, New York, 1999. 224 p.
- SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n.3, p. 287-294, 1998.
- SANTOS, V. R. dos. *et al.*, Crescimento e produtividade agrícola de cana-de-açúcar em diferentes fontes de fósforo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 389-396, 2009.
- SEGATO, S. V.; MATTIUZ, C. F. M.; MOZAMBANI, A. E. Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar, In: **Atualizações em produção de cana-de-açúcar**. SEGATO, S. V.; PINTO, A. de S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. Piracicaba, 2006, p. 19-36.
- SILVA, M. de A. et al., Fenologia da cana-de-açúcar. In: CRUSCIOL, C. A. C.; SILVA, M. de A.; ROSSETO, R.; SORATTO, R. P. **Tópicos em ecofisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: FEPAF, 2010, p. 8-21.
- SINGELS, A. et al., The effect of crop start date, crop class and cultivar on sugarcane canopy development and radiation interception. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 92, p. 249-260, 2005.
- SMIT, M. A.; SINGELS, A. The response of sugarcane canopy development to water stress. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 98, p. 91-97, 2006.

- SMIT, M. A.; SINGELS, A. The response of sugarcane canopy development to water stress. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 98, p. 91-97, 2006.
- SNYDER, R.L. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversions. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.118, p.977-980, 1992.
- SOUZA, J. L. et al., Análise da precipitação pluvial e temperatura do ar na região do Tabuleiro Costeiro de Maceió, AL, período de 1972-2001. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Sete Lagoas, v. 12, n. 1, p. 131-141, 2004.
- SRINIVAS, K.; HEGEDE, D. M.; HAVANAGI, G. V. Plant water relations, canopy temperature, yield and water-use efficiency of water melon (*Citrullus linatus* (Thamb.) Matsum et Nakai) under drip and furrow. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 64, n. 1, p. 115-124, 1989.
- TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. PortoAlegre, Artmed. 2004. 719p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: ARTMED, 2006. 690 p.
- TALLENS, J.A.M. **Riego localizado y fertirrigacion**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1994. 363p.
- TEIXEIRA, Francisco M . P. História concisa do Brasil. São Paulo: Global, 1993.
- TERAMOTO, E. R. **Avaliação e aplicação de modelos de estimativa de produção de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) baseados em parâmetros do solo e do clima**. 2003. 85 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- TERUEL, D. A.; BARBIERI, V.; FERRADO JÚNIOR, L. A. Sugarcane leaf area index modeling under different soil water conditions. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 54, n. especial, 1997.
- TOKESHI, H. Perfilhamento e perdas pelo carvão da cana-de-açúcar. **Revista STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 4, n. 5, p. 34-44, 1986.
- VARLET-GRANCHER, C. et al., Mise au point: rayonnement solaire absorbé ou intercepté par un couvert végétal. **Agronomie**, Paris, v. 9, p. 419-439, 1989.
- VON CAEMMERER, S.; FURBANK, R.T. The C4 pathway: an efficient CO₂ pump. **Photosynthesis Research**, v.77, p.191-207, 2003.
- YEO, A. R. Predicting the interaction between the effects of salinity and climate change on crop plants. **Scientia Horticulturae**, Brighton, v. 78, n. 1, p. 159-174, 1999.