

Universidade Camilo Castelo Branco  
Campus de Fernandópolis

ROSÂNGELA APARECIDA DE SOUZA

INFLUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO EM VARIEDADES  
DE CANA-DE-AÇÚCAR NO NOROESTE PAULISTA

INFLUENCE OF SPRINKLING IRRIGATION IN VARIETY OF SUGAR CANE  
IN NORTHWEST OF SÃO PAULO STATE (BRAZIL)

Fernandópolis, SP  
2014

ROSÂNGELA APARECIDA DE SOUZA

INFLUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO EM VARIEDADES  
DE CANA-DE-AÇÚCAR NO NOROESTE PAULISTA

Orientador: Prof. Dr. Luiz Sérgio Vanzela

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, da Universidade Camilo Castelo Branco, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Fernandópolis, SP  
2014

## Ficha catalográfica

SOUZA, Rosângela Aparecida de  
S713I INFLUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO EM VARIEDADES DE  
CANA-DE-AÇÚCAR NO NOROESTE PAULISTA/Rosângela Aparecida de  
Souza - Fernandópolis: SP/UNICASTELO, 2014.

81f.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Sérgio Vanzela.

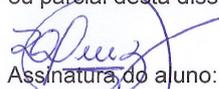
Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, da Universidade Camilo Castelo Branco, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

1 Sacharum officinarum. 2 Manejos da irrigação. 3. Evapotranspiração

I. Título

**CDD: 574**

Autorizo, exclusivamente, para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, por processos xerográficos ou eletrônicos.

  
Assinatura do aluno:

Data: 10/06/2015

## Aprovação

**Unicastelo**  
Universidade Camilo Castelo Branco

### TERMO DE APROVAÇÃO

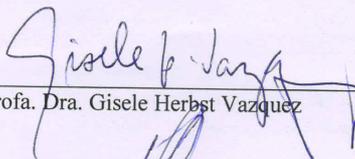
**ROSÂNGELA APARECIDA DE SOUZA**

### **INFLUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO EM VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR NO NOROESTE PAULISTA.**

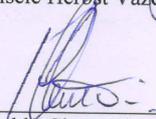
Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Camilo Castelo Branco, pela seguinte banca examinadora:



Prof. Dr. Luiz Sergio Vanzela  
(Presidente)



Prof. Dra. Gisele Herbst Vazquez



Prof. Dr. Ronaldo Cintra Lima

Fernandópolis - SP, 26 de setembro de 2014.

Presidente da Banca Prof. Dr. Luiz Sergio Vanzela

Campus • São Paulo  
Rua Carolina Fonseca, 584 - Itaquera  
CEP: 08230-030 - São Paulo - SP.  
Fone: 11 2070.0000  
email: unicastelo@unicastelo.br

Campus • Fernandópolis  
Est. Projetada F-1, s/n - Fazenda Santa Rita  
CEP: 15600-000 - Fernandópolis - SP.  
Fone: 17 3465.4200  
email: unicasteloc7@unicastelo.br

Campus • Descalvado  
R. Hilário da Silva Passos, 950 - Parque Universitário  
CEP: 13690-970 - Descalvado - SP.  
Fone: 19 3593.8500  
email: unicasteloc8@unicastelo.br

www.unicastelo.br

## **DEDICATÓRIA**

Ao meu orientador Luiz Sérgio Vanzela, que me acompanhou nesses três anos, com dedicação, competência e, principalmente, paciência.

Ao meu querido afilhado Pedro Otávio de Freitas, que esteve comigo em vários momentos do desenvolvimento deste trabalho, ajudando-me com carinho e dedicação.

Ao meu companheiro de vários anos, Patric Wilian da Silva, sempre disposto a contribuir de alguma forma, principalmente quando o cansaço e as dificuldades me abatiam.

A minha querida filha Elisa de Souza Borzillo, linda, amiga e companheira, que sempre me incentivou a realizar este sonho.

Aos meus amados pais, Dirce e Josias (*in memoriam*), que estariam felizes e orgulhosos com a minha conquista. Obrigada pelo amor, liberdade e o desejo de estudar que despertaram em mim.

## **AGRADECIMENTO**

*Primeiramente a Deus e à espiritualidade presentes em minha vida, em todos os momentos, de alegria, tristeza, cansaço e desânimo, ouvindo minhas orações e prontamente me restaurando, me reabilitando...*

*Imensamente, ao meu orientador Professor Doutor Luiz Sérgio Vanzela, pela dedicação e estímulos diante das minhas dificuldades. Obrigada pelo conhecimento compartilhado.*

*Aos meus fiéis colaboradores Pedro Otávio de Freitas e Patric Wilian da Silva, sempre dispostos a estarem comigo em qualquer circunstância, diante das dificuldades, jamais negando a ajuda necessária.*

*Aos meus diretores (Jussara e Marcelaine) e coordenadores (Alessandra, Ângelo, Fábio, João e Quitéria), que, muitas vezes, entenderam as minhas ausências no trabalho.*

*A todos os professores e funcionários da Universidade Camilo Castelo Branco, por todo o conhecimento oferecido e serviços prestados ao longo desses três anos. Em especial, ao Prof. Dr. Roberto Andreani, pelo sorriso, carinho e incentivo, sempre valorizando o meu trabalho.*

## **EPÍGRAFE**

*Um grande sorriso para os  
obstáculos. O pioneiro sorri para a pedra e  
remove-a, para que a estrada apareça.*

*Batuíra*

## RESUMO

### INFLUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO EM VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR NO NOROESTE PAULISTA

O conhecimento da resposta da cana-de-açúcar à irrigação por aspersão é imprescindível para o Noroeste Paulista, considerando que a região sofre com longos períodos de déficits hídricos. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da irrigação por aspersão em cinco variedades de cana-de-açúcar na região Noroeste Paulista. Para isto, foi implantando, na Fazenda de Ensino e Pesquisa da Unicastelo em Fernandópolis (SP), um experimento fatorial 4x5, sendo 4 níveis de reposição da evapotranspiração da cultura (100, 86, 21% e sequeiro) em 5 variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB855453, RB835486, SP81-3250 e CTC 2) e 3 repetições. De acordo com os resultados, pode-se concluir que a irrigação com a reposição de 100% da ETC em cana planta foi a melhor lâmina de irrigação para a maximização do desenvolvimento da planta, independentemente da variedade considerada. A variedade de melhor desempenho geral nas variáveis analisadas, com e sem a irrigação, foi a CTC2, sendo promissora para o plantio no Noroeste Paulista.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Sacharum officinarum*. Manejo da irrigação. Evapotranspiração.

## ABSTRACT

### INFLUENCE OF SPRINKLING IRRIGATION IN VARIETY OF SUGAR CANE IN NORTHWEST OF SÃO PAULO STATE (BRAZIL)

Knowledge of the response of sugar cane to sprinkling irrigation is essential for the Northwest of São Paulo state (Brazil), considering that the region suffers from long periods of water deficits. Thus, this study aimed to evaluate the influence of sprinkling irrigation in five varieties of sugar cane in the Northwest of São Paulo region. To this, in the Teaching and Research Farm of Unicastelo in Fernandópolis (São Paulo state), it was implemented in a factorial experiment 4x5, 4 replacement levels of crop evapotranspiration (100, 86, 21% and drained) in 5 varieties of sugar cane (RB867515, RB855453, RB835486, SP 81-3250 e CTC 2) and three repetitions. According to the results, it can be concluded that irrigation with 100% of Etc in sugar plant was the best irrigation rate to maximize the development of the plant, regardless of the variety considered. The variety with the best overall performance among the varieties analyzed, with and without irrigation, was CTC2, that promise do be the best for planting in the Northwest of São Paulo state.

**Keywords:** *Sacharum officinarum*. Irrigation management. Evapotranspiration.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Colmo da cana-de-açúcar e suas estruturas morfológicas.....	14
Figura 2 Inserção das folhas no colmo da cana-de-açúcar. ....	15
Figura 3 Inflorescência da cana-de-açúcar. ....	15
Figura 4 Fases do crescimento da cana. ....	18
Figura 5 Fatores que interferem no perfilhamento. ....	19
Figura 6 Fatores que interferem na maturação. ....	20
Figura 7 Perfilhamento da cana-de-açúcar e formação da touceira.....	21
Figura 8 Características Agronômicas de algumas variedades desenvolvidas pela Copersucar (SP). ....	25
Figura 9 Características Agronômicas de algumas variedades desenvolvidas pela Ridesa (RB). ....	26
Figura 10 Evolução do uso de variedades de cana no Brasil.....	27
Figura 11 Variedades plantadas e cultivadas no Brasil, safra 2012. ....	28
Figura 12 Distribuição percentual das áreas de cultivo das principais variedades na Região Centro-Sul do Brasil, em 2012. ....	28
Figura 13 Porcentagem de área cultivada com as principais variedades de cana-de-açúcar por estado da Região Centro-Sul, em 2012. ....	29
Figura 14 Área total colhida por ano-safra (mil hectares).....	32
Figura 15 Produção nos estados Centro-Sul, safra 2013/14.....	33
Figura 16 Produção nos estados Norte-Nordeste, safra 2013/14.....	33
Figura 17 Distribuição mensal das chuvas na Região Centro-Sul nos anos de 2011, 2012 e média das últimas sete safras.....	35
Figura 18 Distribuição da área colhida nas principais culturas irrigadas.....	39
Figura 19 Área (1000 ha) e porcentagem de área irrigada no Brasil para os diferentes métodos de irrigação. ....	40
Figura 20 Sistema de irrigação por superfície em cana-de-açúcar.....	41
Figura 21a Sistema mecanizado de aspersão.....	41
Figura 21b Alguns tipos de emissores utilizados em sistemas linear e pivô central.....	42
Figura 22a Irrigação localizada. ....	43
Figura 22b Irrigação localizada – “Cabeçal de controle”.....	43
Figura 23 Localização da Fazenda Santa Rita, Fernandópolis, SP. ....	46
Figura 24 Detalhe do <i>layout</i> final da área experimental.....	47

Figura 25 Detalhe do preparo do solo na área experimental. ....	47
Figura 26 Detalhe da distribuição dos colmos no sulco de plantio. ....	48
Figura 27 Esquema geral da instalação dos coletores na área experimental. ....	49
Figura 28 Detalhe do experimento no momento da colheita (a) e da pesagem das parcelas (b). .....	51
Figura 29 Respostas do perfilhamento à reposição de água via irrigação aos 120 (a), 150 (b) e 210 (c) dias após o plantio, sendo CV o coeficiente de variação. ....	53
Figura 30 Resultado da comparação de médias do perfilhamento aos 30 (A), 60 (B), 90 (C), 120 (D), 150 (E) e 210 (F) dias do plantio, pelo teste de Tukey a 5% (médias seguidas de mesma letra não se diferenciam estatisticamente e CV é o coeficiente de variação).....	54
Figura 31 Respostas da altura de plantas aos 90 (a), 120 (b), 150 (c) e 210 (d) dias após o plantio em função da reposição de água via irrigação, sendo CV o coeficiente de variação...55	55
Figura 32 Resultado da comparação de médias da altura de plantas 150 dias do plantio, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (médias seguidas de mesma letra não se diferenciam estatisticamente e CV é o coeficiente de variação). ....	56
Figura 33 Respostas do diâmetro de colmos aos 150 (a) e 210 (b) dias após o plantio em função da reposição de água via irrigação, sendo CV o coeficiente de variação.....	57
Figura 34 Resultados da comparação de médias do diâmetro de colmos aos 210 dias do plantio, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (médias seguidas de mesma letra não se diferenciam estatisticamente e CV é o coeficiente de variação). ....	57
Figura 35 Resposta da produtividade de cana-de-açúcar (Y) em função da reposição de água via irrigação (L), sendo CV o coeficiente de variação. ....	58
Figura 36 Médias de produtividade das diferentes variedades de cana avaliadas.....	59
Figura 37 Resposta da produtividade de cana em função da reposição de água via irrigação para as variedades CTC 2 (a), RB835486 (b), RB867515 (c), SP 81-3250 (d) e RB855453 (e). .....	60
Figura 38 Produtividades ajustadas de cana nos diferentes níveis de reposição da ETc, dentro das diferentes variedades estudadas. ....	61
Figura 39 Resposta da produtividade de açúcar total recuperável (ATR) em função da reposição de água via irrigação (L). ....	62
Figura 40 Médias de produtividade de ATR nas diferentes variedades de cana avaliadas. ....	63
Figura 41 Respostas da produtividade de ATR em função da reposição de água via irrigação para as variedades CTC 2 (a), RB835486 (b), RB867515 (c), SP 81-3250 (d) e RB855453 (e). .....	64

Figura 42 Produtividades ajustadas de ATR nos diferentes níveis de reposição da ET <sub>c</sub> , dentro das diferentes variedades estudadas. ....	65
Figura 43 Resposta da eficiência do uso da água em biomassa (EA <sub>b</sub> ) em função da reposição de água via irrigação (L).....	66
Figura 44 Médias de eficiência do uso da água em biomassa (EA <sub>b</sub> ) nas diferentes variedades de cana avaliadas. ....	67
Figura 45 Respostas da eficiência do uso da água em biomassa (EA <sub>b</sub> ) em função da reposição de água via irrigação para as variedades CTC 2 (a), RB835486 (b), RB867515 (c), SP 81-3250 (d) e RB855453 (e). ....	68
Figura 46 Médias ajustadas de eficiência do uso da água em biomassa de cana (EA <sub>b</sub> ) nos diferentes níveis de reposição da ET <sub>c</sub> , dentro das variedades estudadas. ....	69
Figura 47 Resposta da eficiência do uso da água em açúcares totais recuperáveis (EA <sub>ATR</sub> ) em função da reposição de água via irrigação (L).....	69
Figura 48 Médias de eficiência do uso da água em açúcares totais recuperáveis (EA <sub>ATR</sub> ) nas diferentes variedades de cana avaliadas. ....	70
Figura 49 Resposta da eficiência do uso da água em açúcares totais recuperáveis (EA <sub>ATR</sub> ) em função da reposição de água via irrigação para as variedades CTC 2 (a), RB835486 (b), RB867515 (c), SP 81-3250 (d) e RB855453 (e). ....	71
Figura 50 Produtividades ajustadas de eficiência do uso da água em açúcares totais recuperáveis (EA <sub>ATR</sub> ) de cana nas diferentes variedades estudadas.....	72

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Espécies de cana-de-açúcar e suas características. ....	13
Tabela 2 Períodos de plantios de cana-de-açúcar e duração de seus ciclos. ....	18
Tabela 3a Variedades de cana-de-açúcar mais utilizadas no Brasil, desenvolvidas pela Planalsucar – Ridesa. ....	23
Tabela 3b Variedades de cana-de-açúcar mais utilizadas no Brasil, desenvolvidas pela Copersucar (SP). ....	23
Tabela 3c Variedades de cana-de-açúcar mais utilizadas no Brasil, desenvolvidas pelo Centro de Tecnologia Canavieira (CTC). ....	24
Tabela 3d Variedades de cana-de-açúcar mais utilizadas no Brasil, desenvolvidas pelo Instituto Agrônômico de Campinas (IAC). ....	24
Tabela 4 Uma previsão de melhorias da cana-de-açúcar - produtividade e qualidade. ....	29
Tabela 5 Área planada de cana-de-açúcar. ....	30
Tabela 6 Área cultivada e produtividade nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul. ....	34
Tabela 7 Coeficientes de cultivo da cana-de-açúcar, de acordo Scardua e Rosenfeld (1987). ....	39
Tabela 8 Resultado da análise do solo da área experimental. ....	48
Tabela 9 Resultado do teste de uniformidade para cada tratamento de irrigação. ....	49
Tabela 10 Coeficientes da cultura (kc) utilizados no manejo da irrigação. ....	50
Tabela 11 Parâmetros finais do manejo da irrigação. ....	50

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 Cultura da cana-de-açúcar.....	13
2.1.1 Classificação botânica.....	13
2.2 Morfologia.....	14
2.3 Fisiologia.....	15
2.4 Características fenológicas.....	17
2.4.1 Fatores que interferem no ciclo fenológico da cana-de-açúcar.....	19
2.5 Variedades.....	22
2.6 Importância econômica e situação atual da cultura.....	29
2.7 Irrigação na cana-de-açúcar.....	34
2.7.1 Coeficientes da cultura (Kc).....	38
2.7.2 Tipos de irrigação.....	39
2.7.3 Importância da irrigação para a cultura de cana-de-açúcar.....	44
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	46
3.1 Localização e características edafoclimáticas.....	46
3.2 Delineamento experimental.....	46
3.3 Instalação do experimento.....	47
3.4 Variáveis analisadas.....	50
3.5 Análise dos resultados.....	52
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
4.1 Perfilamento.....	53
4.2 Altura de plantas.....	55
4.3 Diâmetro de colmos.....	56
4.4 Produtividade de biomassa.....	58
4.5 Tonelada de açúcar total recuperável por hectare (TATR <sub>H</sub> ).....	62
4.6 Eficiência do uso da água em biomassa.....	65
4.7 Eficiência do uso da água em açúcar recuperável total.....	69
5 CONCLUSÕES.....	73
REFERÊNCIAS.....	74

## 1INTRODUÇÃO

Uma das culturas de destaque econômico do Noroeste Paulista é a cana-de-açúcar, que movimenta um dos principais setores produtivos da atualidade, que é o de produção sucroenergética.

No entanto, o setor vem sofrendo nos últimos anos com o alto custo brasileiro de produção do etanol que, aliado a fatores climáticos (irregularidades na distribuição das chuvas), tem gerado resultados negativos para o setor. Esse cenário culminou com a impossibilidade de mais investimentos, o que também favoreceu a baixa produtividade obtida na última safra. Somente na safra 2010/2011 da região Centro-Sul do Brasil, colheu-se um total de 556.945.000 toneladas de cana (UNICA, 2012) em um total de 8.348.674 ha (INPE, 2012), resultando em produtividade média de 66,7 t ha<sup>-1</sup>, o que evidencia esse cenário.

A irregularidade na distribuição de chuvas do Noroeste Paulista e a falta de variedades de cana tolerantes a déficits hídricos prolongados têm sido algumas das principais causas das baixas produtividades na região. De acordo com resultados obtidos por Lima et al. (2009), no município de Fernandópolis, a precipitação média anual é de 1.321 mm, mas a irregularidade na distribuição das chuvas provoca um déficit hídrico de 8 meses.

Uma boa opção para contornar o problema é o uso da irrigação na suplementação dos déficits hídricos. De acordo com algumas pesquisas, dependendo da região, a irrigação dos canaviais pode incrementar a produtividade de 15,7 a 76,1% (RESENDE; ANDRADE JÚNIOR, 2007). Com o aumento vertical da produtividade dos canaviais, as empresas do setor sucroenergético podem ainda diminuir os custos com arrendamento, um importante componente no custo de produção de cana-de-açúcar.

Outra importante característica que favorece a irrigação na região Noroeste é o grande potencial hídrico proporcionado pelos lagos das usinas hidrelétricas de Jupiá, Ilha Solteira, Três Irmãos e Água Vermelha. Assim, a região tem todos os aspectos favoráveis à irrigação da cultura da cana-de-açúcar.

Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da irrigação por aspersão sobre cinco variedades de cana-de-açúcar na região Noroeste Paulista.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Cultura da cana-de-açúcar

#### 2.1.1 Classificação botânica

A cana-de-açúcar é uma planta originária da Oceania – Nova Guiné. Típica de climas tropicais e subtropicais adaptou-se muito bem à América, que ofereceu excelentes condições para o seu desenvolvimento.

Segundo Cronquist (1981), citado por Segato et al. (2006), a cana-de-açúcar é pertencente ao Reino *Plantae*, Divisão *Magnoliopyta*, Classe *Magnoliopsida*, Ordem *Graminales*, Família *Poaceae* e Gênero *Saccharum*, com seis espécies: *Saccharum officinarum*, *Saccharum spontaneum*, *Saccharum sinensis*, *Saccharum barberi*, *Saccharum robustum* e *Saccharum edule*. As principais diferenças entre as espécies são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1** Espécies de cana-de-açúcar e suas características.

<i>Espécies</i>	<i>Características</i>
<i>Saccharum officinarum</i>	Apresenta alto teor de açúcar e baixa porcentagem de fibra. Possui colmos grossos (3,5cm ou mais de diâmetro) e o sistema radicular reduzido e superficial. É exigente quanto ao clima e ao solo e suscetível a doenças como o mosaico e resistente a inúmeras outras.
<i>Saccharum spontaneum</i>	Apresenta alto teor de fibras. Possui entrenós muito próximos (1,5cm de diâmetro). O sistema radicular é bem desenvolvido e vegeta bem, mesmo em situações adversas, perfilhando abundantemente.
<i>Saccharum sinensis</i>	Sistema radicular bem desenvolvido, vegetando bem em solos pobres e secos. Possui colmos finos (1,8 a 2,2 cm de diâmetro), compridos (até 5m de altura), com internódios alongados e fibrosos.
<i>Saccharum barberi</i>	Constituída por variedades precoces, com teor médio de sacarose, alta porcentagem de fibras, resistente ao frio e suscetível ao mosaico.
<i>Saccharum robustum</i>	Seus representantes são muito altos, com colmos de até 10m de altura, com baixo teor de sacarose e alta porcentagem de fibras. Adapta-se a inúmeras condições ambientais, mas é suscetível ao mosaico.
<i>Saccharum edule</i>	Similar à <i>S. robustum</i> , apresenta flores inférteis, não é utilizada em programas de melhoramento.

Fonte: Cronquist (1981), citado por Segato et al.

As variedades utilizadas comercialmente são híbridas do gênero *Saccharum* e são cientificamente citadas como *Saccharum spp.*, mais resistentes a pragas e doenças e melhor adaptadas a diversas condições ambientais (FIGUEIREDO; LANDELL; CAMPANA, 1995).

## 2.2 Morfologia

Morfologicamente, a cana-de-açúcar apresenta características distintas que favorecem a sua identificação: o desenvolvimento em forma de touceira, caule do tipo colmo, produção de inflorescência, rizoma e raiz fasciculada (Figura 1).



**Figura 1** Colmo da cana-de-açúcar e suas estruturas morfológicas.

Fonte: Conab, 2011.

As raízes são fasciculadas, sendo que 85% delas se encontram nos primeiros 50 cm e aproximadamente 60% entre os primeiros 20-30 cm de profundidade, havendo pequenas variações nessa porcentagem dependendo, sobretudo, das variedades. Os rizomas são constituídos por nódios(=nós), internódios (= entrenós) e gemas, as quais são responsáveis pela formação dos perfilhos na touceiras. O colmo é caracterizado por nós bem marcados e entrenós distintos e fica acima do solo. É responsável pela sustentação das folhas e das panículas e o seu porte pode ser ereto, semiereto ou decumbente, dependendo da idade da planta (SEGATO et al., 2006).

As folhas da cana-de-açúcar possuem a cor verde, são sésseis, lancetadas, lineares, largas e agudas. Encontram-se distribuídas em toda a extensão do colmo, com inserção na região nodal, em fileiras opostas e alternadas (Figura 2). A tonalidade pode variar de acordo com as condições de desenvolvimento da planta e sua variedade (SEGATO et al., 2006).



**Figura 2** Inserção das folhas no colmo da cana-de-açúcar.  
Fonte: Negrini, 2012.

Sua inflorescência é constituída por flores muito pequenas que formam espigas florais agrupadas em panículas e rodeadas por longas fibras sedosas, congregando-se em enormes pendões terminais de coloração cinza-prateada. As flores são hermafroditas. O gineceu é constituído por um ovário com um único óvulo. Na extremidade superior do ovário, encontram-se dois pistilos e dois estigmas plumosos de coloração vermelho-arroxeadada. O androceu é constituído por três estames e anteras de coloração amarelada ou arroxeadada, dependendo da variedade (Figura 3). O fruto é do tipo cariopse, com dimensões aproximadas de 1,5 x 0,5mm (SEGATO et al., 2006).



**Figura 3** Inflorescência da cana-de-açúcar.  
Fonte: Negrini, 2012.

### 2.3 Fisiologia

É uma planta de metabolismo C<sub>4</sub>, tendo alta eficiência na utilização e resgate de CO<sub>2</sub> (gás carbônico) da atmosfera. A cana-de-açúcar é adaptada às condições de alta temperatura

eluminosidade. É uma cultura que necessita de grande quantidade de água, e somente 30% dela é matéria seca, considerando as variações de acordo com o estágio fenológico da planta. Sua absorção de água é maior que em qualquer outra planta da família das *Poaceas*, porém, as raízes também absorvem grandes quantidades de água através de pelos absorventes (SEGATO et al., 2006).

Devido ao seu metabolismo C4, a cana-de-açúcar apresenta alta atividade fotossintética; esta, porém, não se relaciona diretamente com a sua elevada produtividade de biomassa. Sua produção de matéria orgânica depende preferencialmente da taxa fotossintética por unidade de superfície de terreno e, conseqüentemente, do Índice de Área Foliar (IAF). As folhas mais jovens e as mais velhas realizam fotossíntese em níveis C3. A posição vertical da folha em relação ao colmo também é relevante, favorecendo maior penetração de luz em populações de alta densidade populacional. A irradiância, a concentração de dióxido de carbono atmosférico e a velocidade do vento são fatores determinantes na capacidade fotossintética.

Segundo Rodrigues (1995), o aumento de irradiância e CO<sub>2</sub> eleva a taxa fotossintética, devendo considerar-se a condição de saturação. O vento em velocidade moderada eleva a fotossíntese por aumentar a disponibilidade de CO<sub>2</sub> às plantas; com baixa velocidade do vento, há depressão na fotossíntese em torno do meio do dia.

A temperatura, dentre os fatores climáticos, é o mais importante para a produção de cana-de-açúcar. A planta, geralmente, é tolerante a altas temperaturas, produzindo em regiões com temperatura média de verão de 37°C, desde que empregada irrigação. Temperaturas mais baixas (menos de 21°C) diminuem o crescimento dos colmos e promovem o acúmulo de sacarose (RODRIGUES, 1995).

A proporção quantitativa de raízes da cana-de-açúcar depende da variedade e apresenta como fatores limitantes as condições edafoclimáticas.

A cana-de-açúcar apresenta perfilhamento abundante na fase inicial de seu desenvolvimento. O autossombreamento promove a inibição do perfilhamento e estimula o crescimento do colmo principal. As baixas temperaturas, déficit hídrico e período de florescimento promovem a limitação do crescimento em altura (RODRIGUES, 1995)

Segundo Rodrigues (1995), o fotoperíodo, a temperatura, a umidade, a fertilidade do solo e maturidade da planta são fatores associados que controlam o florescimento da cana-de-açúcar. O fotoperíodo também afeta o comprimento do colmo. Nas regiões equatoriais, o fotoperíodo de 12 a 12,5 horas é considerado ideal para induzir o florescimento; fotoperíodos de 10 a 14 horas induzem o aumento do colmo.

Segundo Segato et al. (2006), a cultura da cana-de-açúcar tem como características a adaptação às condições de alta intensidade luminosa, temperaturas elevadas e déficits hídricos. Exige grandes quantidades de água para suprir sua necessidade hídrica, sendo que 30% do seu peso são representados por matéria seca e 70% por água.

## **2.4 Características fenológicas**

O plantio da cana-de-açúcar em regiões tropicais pode ocorrer em duas épocas, classificadas como primeira e segunda época ou, respectivamente, cana de ano, equivalente a 12 meses e cana de ano e meio, equivalente a 18 meses (CASTRO, 1999).

Na primeira época, o plantio ocorre no início da estação chuvosa e quente, entre setembro a novembro, com ciclo produtivo de doze meses. Dependendo da variedade, a colheita é realizada a partir de julho, considerando que as condições climáticas do inverno, reduzem a sua produtividade.

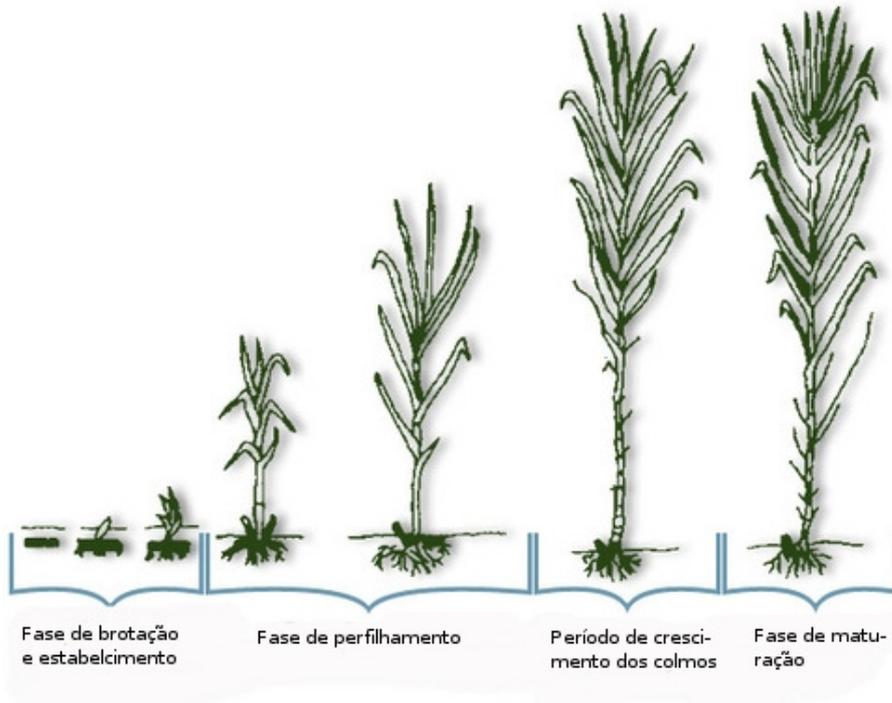
Na segunda época, o plantio ocorre em meados da estação chuvosa e quente, entre janeiro e abril. Seu ciclo produtivo é maior, variável entre quatorze e vinte e um meses, em função do inverno que inibe o desenvolvimento do vegetal. A colheita é realizada somente na segunda estação de inverno.

Segundo Gascho e Shih (1983), a cana de ano e meio apresenta maior taxa de crescimento nos meses de outubro a abril devido ao início da estação chuvosa, aumento da temperatura e luminosidade, atingindo seu desenvolvimento máximo por volta dos meses de dezembro a abril.

Segundo Segato et al. (2006), o ciclo fenológico da cana-de-açúcar (primeira e segunda época) é composto por oito fases distintas:

- Plantio do tolete;
- Brotação do tolete;
- Início do perfilhamento;
- Perfilhamento intenso;
- Maturação;
- Colmos industrializáveis;
- Corte ou colheita;
- Brotação da soqueira.

Segundo Gascho & Shih (1983), esses processos podem ser classificados como brotação, perfilhamento, crescimento, maturação e florescimento (Figura 4).



**Figura 4** Fases do crescimento da cana.  
Fonte: Gascho & Shih (1983).

Após o corte da cana planta (cana que recebe o primeiro corte), inicia-se um ciclo de aproximadamente doze meses, é o ciclo das soqueiras ou cana soca. Fatores que afetam o ciclo fenológico da cana planta também afetam o ciclo da cana soca (SEGATO et al., 2006).

O plantio de inverno, nos meses de junho, julho e agosto, também pode ser realizado, porém, para se obter bons resultados, exige maiores investimentos técnicos, e a irrigação ou fertirrigação são obrigatórias, principalmente na fase inicial do desenvolvimento da planta.

A Tabela 2 identifica o tipo de plantio e a respectiva duração de seus ciclos.

**Tabela 2** Períodos de plantios de cana-de-açúcar e duração de seus ciclos.

Tipo de plantio	Durações dos Ciclos
Cana de ano e meio	14 a 22 meses
Cana de ano	12 meses
Cana soca	12 meses
Cana de inverno	12 a 16 meses

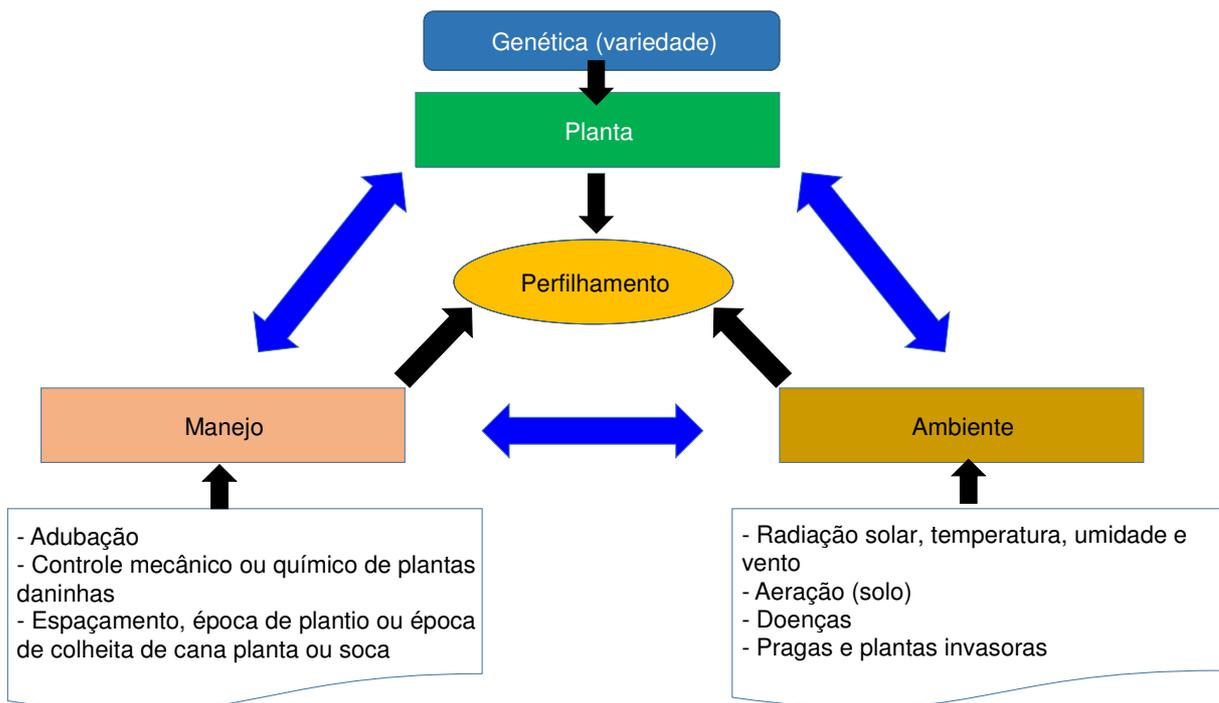
Fonte: Embrapa, 2005.

### 2.4.1 Fatores que interferem no ciclo fenológico da cana-de-açúcar

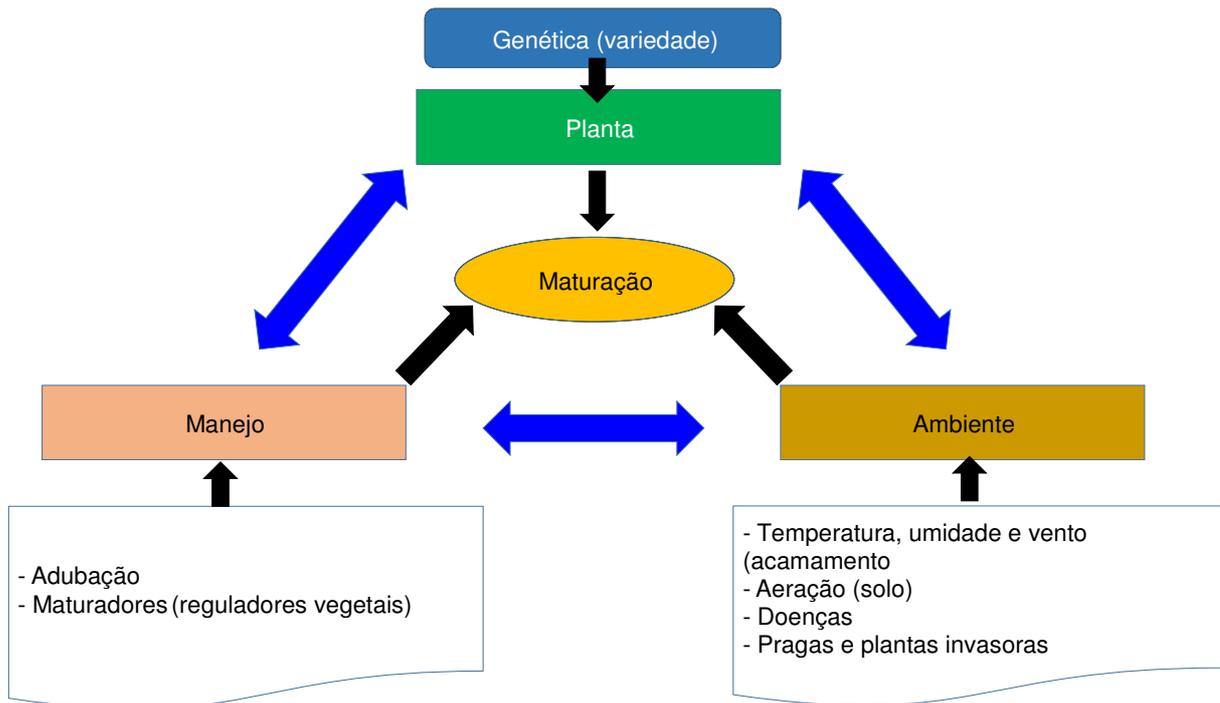
Segundo Segato et al. (2006), em todas as fases do ciclo fenológico deve-se considerar a influência de um conjunto de fatores classificados em três grupos inter-relacionados:

1. Características da planta.
2. Características do manejo.
3. Condições ambientais.

Durante todo o seu desenvolvimento, a cana planta depende, parcialmente, do código genético de cada variedade. O fenótipo é resultante da interação do genótipo com o meio, portanto, outros fatores estão associados. A luminosidade, a temperatura, a umidade e as condições edáficas são fatores limitantes para a brotação, perfilhamento, desenvolvimento de colmos, produção e armazenamento de sacarose e florescimento. As Figuras 5 e 6 apresentam e correlacionam todos esses fatores para a o perfilhamento e maturação respectivamente, evidenciando a relevância dos fatores temperatura e umidade nas fases citadas.



**Figura 5** Fatores que interferem no perfilhamento.  
Fonte: Segato et al., 2006. (Adaptado).



**Figura 6** Fatores que interferem na maturação.  
Fonte: Segato et al., 2006. (Adaptado).

Durante a brotação, a temperatura deve encontrar-se entre 26 e 33°C e a mínima de 21°C. A brotação cessa em temperaturas inferiores a 13°C ou superiores a 40°C (CRISPIM, 2006b). A temperatura ideal para a brotação é em torno de 28°C; se o solo for úmido e assegurar calor, a planta pode ter uma brotação mais rápida (SUGARCANE, 2007).

A cana-de-açúcar exige água em maior quantidade durante a germinação e período de crescimento. Sua atuação como solvente é essencial no mecanismo de osmose; para a manutenção da pressão de turgor e turgescência das células, são necessários a translocação de fotossintatos e nutrientes extraídos do solo (RIPOLI et al., 2006).

A necessidade hídrica nesta fase é mostrada por Doorenbos; Kassan (1979), citados por Ripoli et. al. (2006). Está na faixa de 1500 a 2000 mm distribuídos de maneira uniforme durante todo o desenvolvimento. Ashton (1956), citado por Ripoli et. al., (2006), verificou que a taxa fotossintética começa a decrescer quando o solo atinge umidade correspondente a um valor intermediário entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente.

O perfilhamento é o processo de emissão de colmos por uma planta, os quais recebem a denominação de perfilhos (Figura 7). Aparecem de 20 a 40 dias após a emergência do colmo primário, podendo durar até 120 dias. A temperatura ideal para o desenvolvimento dos perfilhos é em torno de 30°C. Temperaturas muito elevadas ou abaixo dos 20°C podem inibir o perfilhamento, que ocorre naturalmente com o desenvolvimento dos perfilhos e a

formação das touceiras, que reduzem a luminosidade e estimulam intensa competição entre os mesmos.



**Figura 7** Perfilamento da cana-de-açúcar e formação da touceira.  
Fonte: Beauclair, 2011.

Segundo Ripoli et al. (2006), o número de colmos vivos após o perfilamento é resultante da intensa competição pela luminosidade. A abundância de luz promove o desenvolvimento de colmos em altura, diâmetro e de folhas com maior acúmulo de clorofila, que se desenvolvem e iniciam o acúmulo de sacarose na base.

O comprimento, o diâmetro e números de internódios aumentam consideravelmente à medida que a temperatura média se eleva acima de 20°C. No florescimento, a temperatura ideal situa-se entre 18°C e 31°C (RIPOLI et al., 2006).

Para Câmara (1993), citado por Segato et al. (2006), nesta fase, o déficit hídrico é extremamente prejudicial; nota-se o encarrelamento dos colmos, isto é, a formação de nós e entrenós muito curtos e próximos entre si, diminuindo drasticamente o volume do parênquima para armazenamento de sacarose.

A fotossíntese é limitada pela restrição da abertura estomática, em condição de déficit hídrico (YORDANOV et al., 2003, citado por VIEIRA et al., 2012). Esse processo fisiológico vital para as plantas é, então, comprometido em condição de déficit hídrico, ocasionando decréscimos na produção de carboidratos que, posteriormente, seriam armazenados (SINGELS et al., 2005, citado por VIEIRA et al., 2012).

Segundo Inman-Bamber; Smith (2005), para atingir alta produção de sacarose, a planta precisa de temperatura e umidade adequadas para permitir o máximo crescimento na

fase vegetativa, seguida de restrição hídrica ou térmica para favorecer o acúmulo de sacarose no colmo na época de corte.

O fotoperíodo, a temperatura e a umidade também interferem no florescimento, e a opção por variedades não floríferas representa uma alternativa de manejo economicamente mais viável. Durante o florescimento, o crescimento é limitado, resultando em menor produtividade de fitomassa por área e, conseqüentemente, em açúcares. Em condições extremas de temperatura e déficit hídrico, esta redução é maior e os prejuízos na produção são evidentes.

A maturação é definida como processo fisiológico de carregamento e armazenamento de sacarose nas células do parênquima dos colmos. Nesta fase do ciclo fenológico, o decréscimo da temperatura, a limitação de umidade e o corte na irrigação estimulam a maturação.

## 2.5 Variedades

Segundo Gonçalves (2008), o gênero *Saccharum*, com origem na Ásia, apresenta atualmente, seis espécies (*Saccharum officinarum*, *Saccharum spontaneum*, *Saccharum sinensis*, *Saccharum barberi*, *Saccharum robustum* e *Saccharum edule*), o que favorece a formação de híbridos interespecíficos, tolerantes à seca e doenças, muito cultivados atualmente.

Entenda-se por “opções varietais” ou “variedades” os genótipos superiores selecionados em uma população. O melhoramento genético é considerado um dos principais fatores agrônômicos que podem contribuir com o aumento da produtividade e permitem desenvolver variedades que se adaptem melhor às condições adversas do solo e clima e à incidência de pragas e doenças, assim como ao sistema de colheita (EMBRAPA, 2007).

No Brasil, o programa Copersucar (hoje Centro de Tecnologia Canavieira – CTC) produziu as variedades da sigla SP (SP 70-1143, SP 71-1406, SP 70-1284, SP 71-6163), cultivadas desde os anos 80. Em 1992, a Rede Interinstitucional de Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro (RIDESA), envolvendo um conjunto de universidades federais, recebe do setor sucroalcooleiro investimentos significativos e, no decorrer de três anos, passou a cultivar diversas variedades: RB765418, RB785148 e RB72454. Na sequência, RB806043, RB835089, RB825336, RB845257, RB855536, RB835486 e RB855453. Atualmente, o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e CanaVialis (empresa privada, fundada em 2004), trabalham em conjunto com a Allelyx, empresa dedicada ao desenvolvimento de variedades

transgênicas não comerciais. As Tabelas 3a, 3b, 3c e 3d, respectivamente, apresentam as principais variedades de cana-de-açúcar e suas respectivas instituições de pesquisa.

**Tabela 3a** Variedades de cana-de-açúcar mais utilizadas no Brasil, desenvolvidas pela Planalsucar – Ridesa.

RB70141	RB725828	RB705007	RB705051
RB705146	RB70194	RB72454	RB721012
RB725147	RB705440	RB732577	RB735220
RB735275	RB739359	RB739735	RB765418
RB785148	RB75126	RB758540	RB763710
RB83102	RB83160	RB83252	RB83594
RB835019	RB835054	B83R5089	RB835486
RB8491	RB8495	RB842021	RB845257
RB8543	RB855035	RB855113	RB855156
RB855453	RB855463	RB855511	RB855536
RB855546	RB855563	RB867515	RB845197
RB845210	RB855036	RB865230	RB928064
RB858927	RB92579	RB93509	RB931530
RB863129	RB925211	RB872552	RB943538
RB932520		RB935744	RB925268
RB925345			

**Tabela 3b** Variedades de cana-de-açúcar mais utilizadas no Brasil, desenvolvidas pela Copersucar (SP).

SP77-5181	SP80-3280	SP79-1011	SP87-344
SP79-2233	SP85-3877	SP81-320	SP87-365
SP80-1842	SP81-3250	SP86-42	SP87-396
SP83-2847	SP-2233	SP85-5077	SP83-5073
SP86-155	SP80-1816	SP91-1049	

**Tabela 3c** Variedades de cana-de-açúcar mais utilizadas no Brasil, desenvolvidas pelo Centro de Tecnologia Canavieira (CTC).

CTC 1	CTC 2	CTC 3	CTC 4
CTC 5	CTC 6	CTC 7	CTC 8
CTC 9	CTC 10	CTC 11	CTC 12
CTC 13	CTC 14	CTC 15	CTC 16
CTC 17	CTC 18		

**Tabela 3d** Variedades de cana-de-açúcar mais utilizadas no Brasil, desenvolvidas pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC).

IAC 95-3028	IAC 93-2060	IAC91-1099	IAC 95-5000
IAC 93-3046	IAC 94-2101	IAC 94-2094	IAC 94-4004
IAC91-2195	IAC91-2218	IAC91-5155	IAC93-6006
IAC86-2480	IAC82-2045	IAC82-3092	IAC86-2210
IAC87-3396			

Fonte: AGEITEC – Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2008.

As Figuras 8 e 9 descrevem, respectivamente, as características agronômicas mais marcantes das principais variedades de cana-de-açúcar SP e RB em uso na região Centro-Sul do Brasil, destacando suas virtudes e restrições.

Variedade	Ponto Alto	Ambiente de Produção					Época de Colheita							Restrições		
		A	B	C	D	E	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out		Nov	
SP77-5181	Rica															Não suporta colheita mecanizada, é exigente em solos e umidade, na seca dá entrenós curtos e é suscetível à broca.
SP79-1011	Ótima Soqueira															Fecha mal na entrelinha, é suscetível à ferrugem e à broca. Pode quebrar ponteiros com ventos fortes.
SP80-1816	Ótima Soqueira															É muito exigente em solos, quebra facilmente os ponteiros com ventos e é muito suscetível à cigarrinha. É rala na cana-planta.
SP80-1842	Soqueira Boa															Fecha mal na entrelinha, é suscetível à cigarrinha, tomba muito e dá brotos chupões. Sob palha, afina e reduz perfilhação.
SP80-3280	Soqueira Boa															É extremamente exigente em solos férteis e úmidos; nestas condições produz bem.
SP81-3250	Rica e Produtiva															Em terra fraca e colheita mecanizada tem redução de produtividade e longevidade. Às vezes dá amarelinho. Suscetível à cigarrinha.
SP83-2847	Rusticidade															Alta tolerância a solos fracos é muito pobre e floresce muito e é suscetível ao carvão.
SP83-5073	Rica															Muito exigente em solos, calor e umidade; é resistente à broca e tolerante à cigarrinha. Só deve ser cultivada em condições muito boas.
SP84-1431	Rica e Produtiva															A ferrugem causa perdas de produtividade e, em solos fracos, afina demais. Tomba. Quando colhida cedo, supera a ferrugem.
SP84-2025	Produtiva															É chamada meia variedade: exigência, maturação e produtividade médias. Às vezes apresenta amarelinho.
SP85-3877	Rica															Não tem boa soqueira após colheita mecanizada. É muito exigente.
SP85-5077	Produtiva															É muito tardia e pobre, cresce lentamente. Precisa ser colhida no meio de safra no 1º corte.
SP86-42	Soca boa, produtiva															É fina demais e não tolera solos muito fracos. É muito suscetível à broca.
SP86-155	Rica															É muito fina e não tolera pisoteio, pois acaba afinando ainda mais, tornando-se rala; muitas perdas na colheita mecanizada.
SP87-365	Produtiva															Baixa resistência a períodos secos e alta suscetibilidade à broca. Muito exigente em solos e na cana-planta não produz muito.
SP89-1115	Rica															É exigente em solos e na cana-planta não produz muito.
SP90-1638	Soca boa, produtiva															É exigente em solos e pouco tolerante a períodos secos.

**Figura 8** Características Agronômicas de algumas variedades desenvolvidas pela Copersucar (SP).

Fonte: IDEA News, 2004.

Variedade	Ponto Alto	Ambiente de Produção					Época de Colheita							Restrições		
		A	B	C	D	E	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out		Nov	
RB72454	Adaptabilidade															Não suporta colheita na seca e nem palha.
RB835486	Rica															É exigente em solos e tomba na cana-planta. É suscetível à ferrugem.
RB855035	Rica															Pouco fechamento de entrelinha, suscetibilidade à ferrugem e florescimento intenso.
RB855036	Produtiva															É lenta para se desenvolver e, por isso, não pode ser colhida tarde. Em solos muito férteis não atinge maturação adequada.
RB855113	Produtiva															Brotações de soqueiras ruins quando colhida com máquina. É lenta para crescer, não tolera compactação.
RB855156	Rica															Baixa produtividade agrícola tomba muito e falha muito no plantio.
RB855536	Soca ótima, rica															Perde peso facilmente na safra. É suscetível à cigarrinha.
RB855453	Rica e ereta															É muito exigente em água, não fecha bem nas entrelinhas, floresce e isoporiza.
RB865230	Produtiva															É mais exigente do que se pensava. Em solos fracos perde rapidamente a produtividade. É tardia e pobre.
RB867515	Produtiva															Suscetibilidade às estrias vermelhas, que reduzem sua produtividade; quebra facilmente os ponteiros com ventos fortes.
IAC87-3396	Produtiva															É mais exigente do que se pensava. Em solos fracos perde rapidamente a produtividade. É tardia e pobre.
PO88-62	Produtiva, ereta															Cresce lentamente e, por isso, não deve ser colhida tarde. Não suporta compactação da colheita mecanizada com solo úmido.

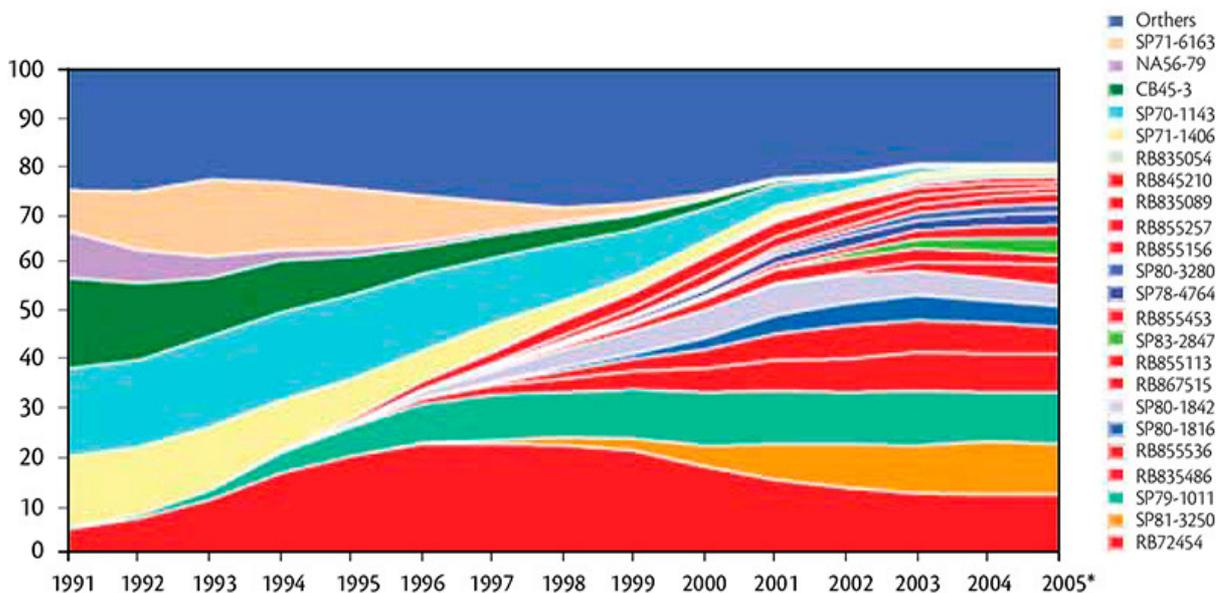
**Figura 9** Características Agronômicas de algumas variedades desenvolvidas pela Ridesa (RB).

Fonte: IDEA News, 2004.

No período de 1995 a 2006, foram lançados, no Brasil, 82 cultivares de cana-de-açúcar (Ridesa com 31 variedades, Copersucar com 26 variedades, CTC com 9 variedades e IAC com 16 variedades), proporcionando um ganho de produtividade agrícola de quase 1% ao ano. Esse ganho está associado à disponibilidade de variedades que permitem um manejo varietal eficiente, o qual procura alocar diferentes variedades comerciais a um determinado ambiente de forma a proporcionar um melhor desempenho agrícola. Desse modo, comprovou-se a importância do desenvolvimento de uma variedade específica para cada região, que pode ser caracterizada por vários fatores bióticos (pragas, doenças, nematoides e plantas daninhas)

e abióticos (regime climático, temperatura, luz, pH do solo, umidade e solo) (NOVACANA.COM, 2014).

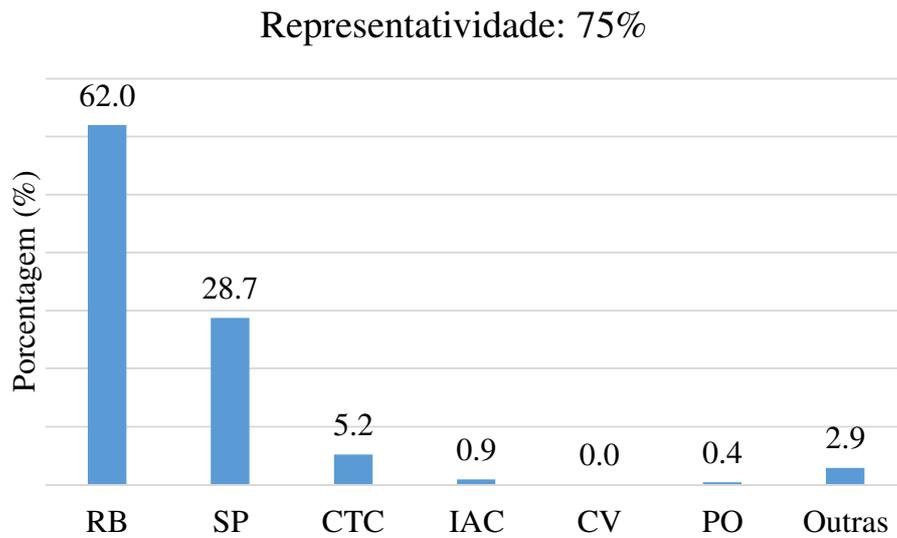
Existem no Brasil mais de 500 variedades comerciais, produzidas principalmente por Ridesa e CTC; as 20 principais, porém, ocupam 80% da área plantada com cana. A Figura 10 mostra a dinâmica do uso de variedades. Pode-se notar que, em 1991, cerca de 57% da área do canavial brasileiro eram ocupados por quatro principais variedades. Essa estratégia de limitar o uso de cada variedade a apenas uma fração do canavial é fundamental para diminuir o impacto de eventuais doenças que venham a atacar variedades susceptíveis (NOVACANA.COM, 2014).



**Figura 10** Evolução do uso de variedades de cana no Brasil.

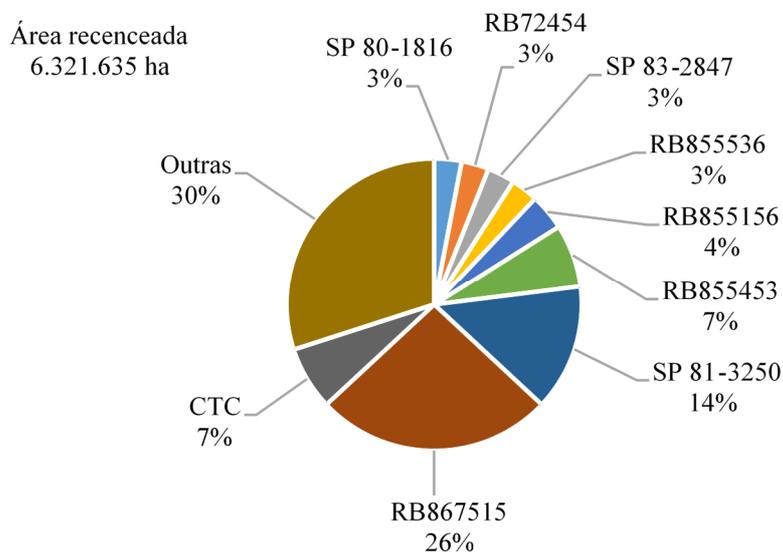
Fonte: CanaVialis (2007).

A escolha da variedade é de extrema importância, pois assume papel decisivo na produtividade da cultura, produzindo uma matéria prima de qualidade com menor custo (SILVEIRA; BARBOSA; OLIVEIRA., 2002). Cabe ao produtor, diante do amplo conjunto de variedades apresentadas, selecioná-las, considerando suas características agrônômicas, adaptação às condições locais, facilidade de manejo e produtividade. A Figura 11 apresenta as variedades plantadas e cultivadas no Brasil e sua representatividade.



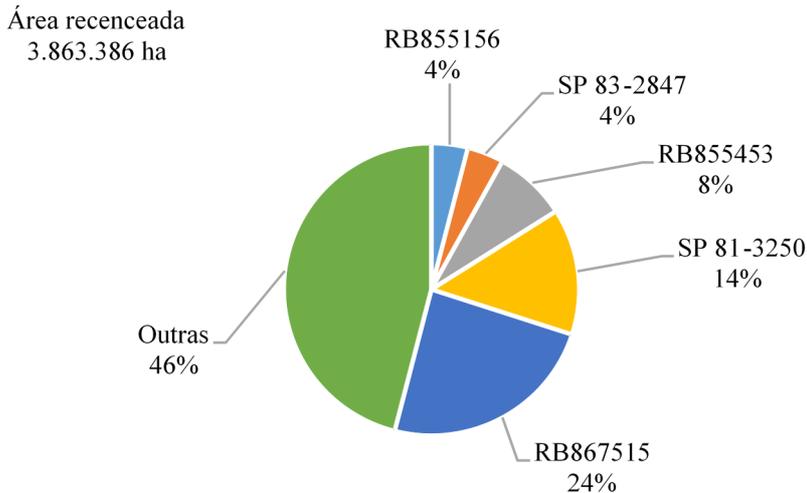
**Figura 11** Variedades plantadas e cultivadas no Brasil, safra 2012.  
Fonte: Ridesa, 2012. (Adaptado)

Considerando a área total da Região Centro-Sul, a relação das principais variedades em área cultivada na safra 12/13 pouco variou em relação à safra anterior (Figura 12). Entre as oito variedades mais utilizadas, houve apenas a substituição da variedade RB835486 pela variedade SP80- 1816



**Figura 12** Distribuição percentual das áreas de cultivo das principais variedades na Região Centro-Sul do Brasil, em 2012.  
Fonte: CTC, 2012. (Adaptado)

Considerando a área total do estado de São Paulo, a relação das principais variedades em área cultivada na safra 12/13 pouco variou em relação à safra anterior (Figura 13). Entre as variedades mais utilizadas (gráfico 5), destacam-se as RB855156 e RB867515.



**Figura 13** Porcentagem de área cultivada com as principais variedades de cana-de-açúcar por estado da Região Centro-Sul, em 2012.

Fonte: CTC, 2012. (Adaptado)

A Tabela 4 apresenta uma previsão de melhorias da cana-de-açúcar com relação à produtividade e qualidade para os cenários de 2015 a 2025, considerando os investimentos em biotecnologia e o melhoramento genético.

**Tabela 4** Uma previsão de melhorias da cana-de-açúcar - produtividade e qualidade.

Região	T/ha		Pol % cana/ha		ATR/ha	
	2015	2025	2015	2025	2015	2025
N-NE	68	72	12	13	118	120
Centro Sul	83	86	15	16	139	142
Brasil	82	84	14	15	136	140

Fonte: Canavialis.com.br, 2006.

## 2.6 Importância econômica e situação atual da cultura

A cultura da cana-de-açúcar ocupa, aproximadamente, 9 milhões de hectares ou 2% de terra agricultável do Brasil, que é o maior produtor mundial (UNICA, 2012).

Responsável por mais da metade do açúcar comercializado no mundo, com meta para a colheita de 47,34 milhões de toneladas do produto e aumento da taxa média na produção de 3,25% até 2018/19. Para as exportações, o volume previsto para 2019 é de 32,6 milhões de toneladas. Para a produção do etanol, a projeção para 2019 é de 58,8 bilhões de litros. O

consumo interno está projetado em 50 milhões de litros e as exportações em 8,8 bilhões (MAPA, 2013).

A produtividade agroindustrial média obtida na safra 12/13, foi de 74,3 t de cana/ha, com 13,3 de pol% cana, 132,3 kg de ATR/t de cana, 13,0 de fibra% cana e 9,85 t de pol/ha (CTC, 2012).

Para a safra 2013/14, era previsto um acréscimo na área de cultivo da cana-de-açúcar de 314 mil hectares, ou seja, 3,7%, principalmente na Região Centro-Sul. Para São Paulo, Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul, a previsão de acréscimo é de 95,9 mil hectares, 60,1 mil hectares, 92,5 mil hectares e 81,4 mil hectares, respectivamente. A Região Norte/Nordeste, praticamente, se mantém com a mesma área para a próxima safra (CONAB, 2013).

Está estimada em 8.799.150 mil hectares a área cultivada com cana-de-açúcar a ser destinada à atividade sucroalcooleira na safra 2013/14. O estado de São Paulo permanece como o maior produtor, seguido por Minas Gerais, Goiás, Paraná, Mato Grosso do Sul, Alagoas e Pernambuco, conforme ilustra a Tabela 5. São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Paraná apresentam as maiores áreas de expansão (CONAB, 2013).

**Tabela 5** Área plantada de cana-de-açúcar.

Estados - Brasil	Quantidade de área plantada – em hectares	Porcentagem de área plantada
São Paulo	4.515.360	51,30
Minas Gerais	781.920	8,00
Goiás	818.390	9,30
Paraná	620.330	7,04
Mato Grosso do Sul	624.110	7,09
Alagoas	442.590	5,02
Pernambuco	286.030	3,25

Fonte: Conab, 2013.

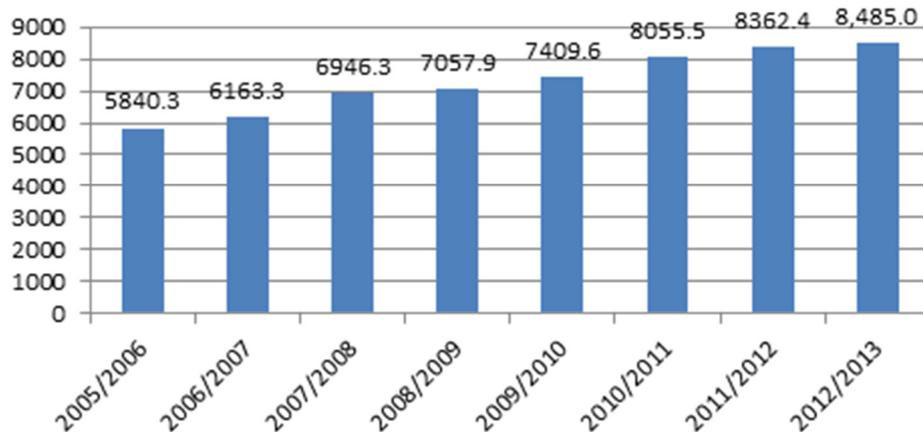
Segundo a FGV dados (2013), a cana-de-açúcar deve apresentar, nos próximos anos, uma expansão de área de 2,2 milhões de hectares. Estima-se que essa expansão deve ocorrer em áreas de grande potencial produtivo, como as áreas de cerrados.

Na Região Centro-Sul, a área de renovação dos canaviais prevista para 2013/14, deve chegar a 872,8 mil hectares, o que equivale a 11,0% das lavouras atuais. Os estados de São Paulo, Paraná, Goiás e Minas Gerais, são responsáveis por 797,1 mil hectares deste total. No Brasil, a área de renovação prevista deverá alcançar 969 mil hectares, representando aumento

significativo de produtividade Na Região Centro-Sul, a área de renovação dos canaviais deve chegar a 872,8 mil hectares, o que equivale a 11,0% das lavouras atuais. Os estados de São Paulo, Paraná, Goiás e Minas Gerais, são responsáveis por 797,1 mil hectares deste total. No Brasil, a área de renovação prevista deverá alcançar 969 mil hectares, representando aumento significativo de produtividade deve chegar a 872,8 mil hectares, o que equivale a 11,0% das lavouras atuais. Os estados de São Paulo, Paraná, Goiás e Minas Gerais, são responsáveis por 797,1 mil hectares deste total. No Brasil, a área de renovação prevista deverá alcançar 969 mil hectares, representando aumento significativo de produtividade (CONAB, 2013).

As estimativas do 2º levantamento da safra 2012/13, realizado em agosto de 2012, apontou para uma produção de cerca de 596,6 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, registrando aumento de 6,5% em relação à safra anterior. Deste total, 50,42% são destinados para a produção de açúcar, enquanto o restante (49,58%) é para a produção de etanol(CONAB, 2012). No 1º levantamento da safra 2013/14, apesar da instabilidade climática em algumas regiões produtoras no primeiro trimestre, como é o caso do Nordeste, a perspectiva é de crescimento de 5,9% no rendimento da cultura e a produtividade média brasileira está estimada em 73.520 kg/ha, maior que a safra 2012/13, que foi de 69.407 kg/ha(CONAB, 2013).

Dados do IBGE (2013), apontaram que a produção nacional de cana-de-açúcar apresentou um crescimento de 6,9% em relação ao ano anterior, alcançando 716,8 milhões de toneladas. O aumento da safra deste ano (Figura 14)será importante para a recuperação do setor, que ainda sente os efeitos da crise mundial de 2008, que restringiu os investimentos. A área colhida apresentou um pequeno acréscimo de 1,0%,e o rendimento médio cresceu 5,8% e foi beneficiado por uma maior renovação dos canaviais e pelas melhores condições climáticas. O estado de São Paulo, responsável por 53,2% da produção nacional, apresenta um incremento de 6,7% na produção, com a recuperação da produtividade dos canaviais. Contudo, os maiores incrementos percentuais na produção foram observados na Região Centro-Oeste, áreas de expansão dos canaviais nos últimos anos.

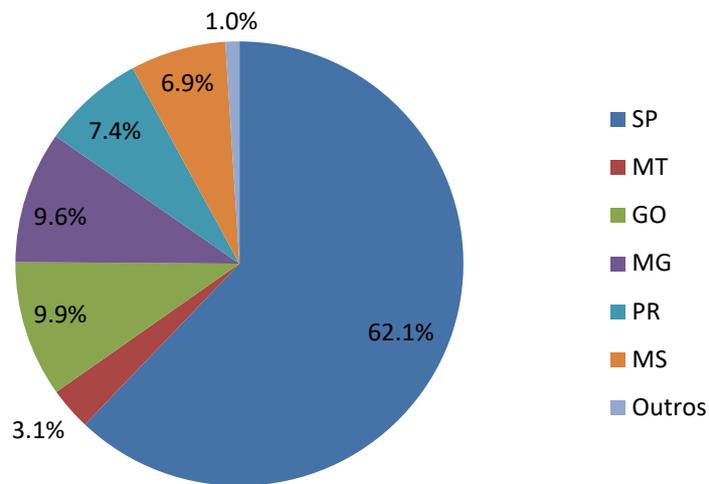


**Figura 14** Área total colhida por ano-safra (mil hectares).  
Fonte: MAPA, 2013.(Adaptado)

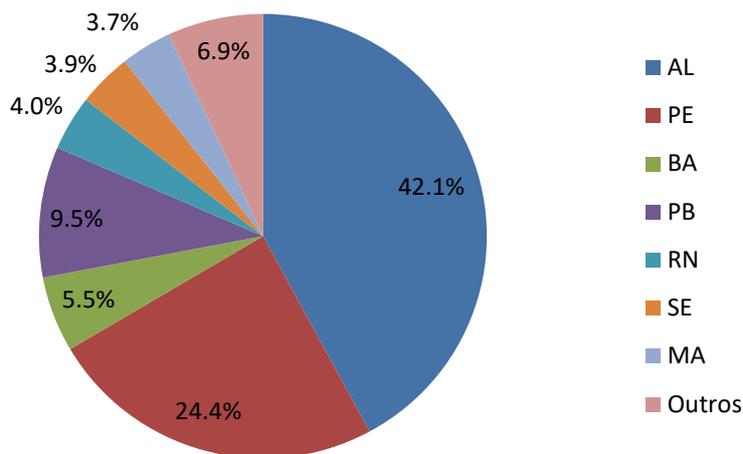
O crescimento populacional aliado ao desenvolvimento industrial e tecnológico exigem o aumento na demanda energética. As mudanças climáticas e suas possíveis causas exigem do setor energético a busca incessante por fontes geradoras de energia renováveis e sustentáveis, principalmente para os combustíveis. O setor antes chamado de sucroalcooleiro, e hoje denominado de sucroenergético, e diante deste contexto tem como desafio apresentar-se como uma alternativa para atendimento de parte destas demandas. Segundo a publicação “Intercâmbio Comercial do Agronegócio” - 2011, este setor respondeu em 2011 por 21,6% das exportações agrícolas em valor.

O Brasil apresenta condições climáticas e área disponível para o cultivo da cana-de-açúcar se estabelece como grande produtor e exportador, consolidando sua posição no cenário mundial.

Na safra anterior (2012/2013), a produção de açúcar chegou a 38,34 milhões de toneladas. Neste contexto, a previsão é de que a produção de açúcar cresça 13,61% nesta safra de 2013/14, chegando a 43,56 milhões de toneladas, novamente impulsionada pelo crescimento de 14,66% na Região Centro-Sul. 70,86% do açúcar no país deverá ser produzido na Região Sudeste, 10,78% na Região Centro-Oeste, 9,87% na Região Nordeste e 8,35% na Região Sul. Com isto o Centro-Oeste produzirá 398,3 mil toneladas a mais que o Nordeste, permanecendo no segundo lugar em produção de açúcar (CONAB, 2013). As Figuras 15 e 16, apresentam respectivamente, a produção nos estados Centro-Sul e Norte-Nordeste, na safra de 2013/14.



**Figura 15** Produção nos estados Centro-Sul, safra 2013/14.  
Fonte: MAPA, 2013.(Adaptado)



**Figura 16** Produção nos estados Norte-Nordeste, safra 2013/14.  
Fonte: MAPA, 2013.(Adaptado)

A Tabela 6 relaciona a área, a produtividade e a produção nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul.

**Tabela 6** Área cultivada e produtividade nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul.

REGIÃO/UF	ÁREA (Em mil ha)			PRODUTIVIDADE (Em kg/ha)			PRODUÇÃO (em mil Ton)		
	Safra 2012/13	Safra 2013/14	VAR.%	Safra 2012/13	Safra 2013/14	VAR.%	Safra 2012/13	Safra 2013/14	VAR.%
<b>CENTRO-OESTE</b>	<b>1.504,110</b>	<b>1.651,110</b>	<b>9,8</b>	<b>70.474</b>	<b>73.185</b>	<b>3,85</b>	<b>106.001,3</b>	<b>120.835,7</b>	<b>14,00</b>
MT	235,500	237,860	1	69.295	70.900	2,30	16.319,0	16.864,3	3,30
MS	542,700	586,220	8,02	68.095	71.670	5,30	36.955,2	42.014,4	13,70
GO	725,910	827,030	13,93	72.636	74.915	3,10	52.727,2	61.957,0	17,50
<b>SUDESTE</b>	<b>5.234,290</b>	<b>5.492,680</b>	<b>4,80</b>	<b>73.852</b>	<b>77.889</b>	<b>5,50</b>	<b>387.228,3</b>	<b>427.818,3</b>	<b>10,50</b>
MG	721,860	827,970	14,70	70.939	74.100	4,50	51.208,0	61.352,6	19,80
ES	62,110	63,970	3,00	55.250	57.950	4,90	3.431,6	3.707,1	8,00
RJ	39,860	39,860	-	47.510	50.000	5,20	1.893,8	1.993,0	5,20
SP	4.419,460	4.560,880	3,20	74.827	79.100	5,70	330.694,9	360.765,6	9,10
<b>SUL</b>	<b>612,390</b>	<b>625,520</b>	<b>2,10</b>	<b>64.920</b>	<b>72.606</b>	<b>11,80</b>	<b>39.756,4</b>	<b>45.416,8</b>	<b>14,20</b>
PR	610,830	624,020	2,16	65.032	72.632	11,70	39.723,5	45.323,8	14,10
RS	1,560	1,500	(4,00)	21.100	62.000	193,80	32,9	93,0	182,5

Fonte: MAPA, 2013.(Adaptado)

O percentual de açúcar total recuperável (ATR) destinado à produção de açúcar total na média geral, na safra de 2013, foi estimada em 50,73% do total. A cana-de-açúcar equivalente a esta produção de ATR é estimada em 331,66 milhões de toneladas dos 653,81 milhões de produção(CONAB, 2013).

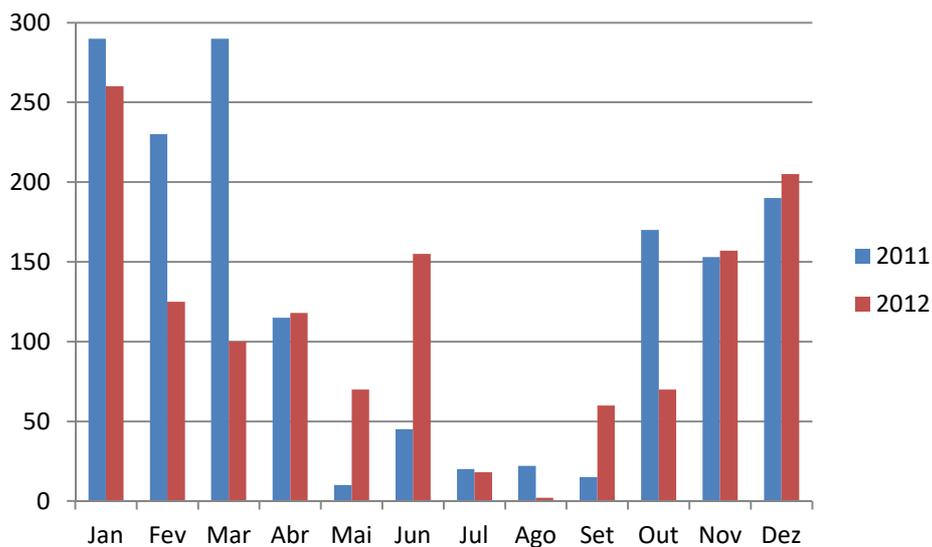
A produção total de etanol fechou em 23,64 bilhões de litros na safra 2012/13 e é estimado em 25,77 bilhões de litros para 2013/14, um incremento de 2,13 bilhões de litros, alta de 8,99%. Este estudo aponta para a Região Nordeste um acréscimo de 21,4% na produção de etanol hidratado e redução de 6,59% do etanol anidro. Essa região deve responder por 6,5% da produção de etanol do país. Rondônia, Acre, Tocantins, Ceará e Rio Grande do Sul têm sua ATR total destinada à produção de álcool. Destes, Rondônia, Acre, Ceará e Rio Grande do Sul produzem apenas etanol hidratado. Para essa produção, 49,27% da produção de ATR devem ser destinados para a produção de álcool ou o equivalente a 322,15 milhões de toneladas de cana-de-açúcar. Esta produção de etanol deve continuar concentrada na Região Centro-Sul com 92,37% do total produzido no país, principalmente no estado de São Paulo (49,10%), Goiás (14,21%), Minas Gerais (9,79%), Mato Grosso do Sul (8,13%), Paraná (6,06%) e Mato Grosso (4,05%)(CONAB, 2013).

## 2.7 Irrigação na cana-de-açúcar

A irrigação da cana-de-açúcar, visando ao aumento da produtividade, é uma necessidade nas diferentes regiões brasileiras, considerando as condições climáticas (altas temperaturas e

constantes faltas de chuva). As variedades e as técnicas de manejo adequadas não são suficientes para enfrentar as consequências dos déficits hídricos registrados no país.

Os resultados apresentados na Figura 17 demonstram um comportamento atípico na distribuição das chuvas ao longo do ano de 2012 nas regiões Centro-Sul. Enquanto, no início do ano, as chuvas de fevereiro e março apresentaram volumes acumulados bem abaixo da média, os meses de abril, maio e junho tiveram níveis de precipitação acima do esperado. Essas chuvas no meio do ano colaboraram para o desenvolvimento da cana a ser colhida no final da safra, que apresentou níveis de produtividade satisfatórios. Durante o ano todo, foi registrada a precipitação acumulada de 1.407 mm de chuva, volume abaixo do obtido no ano anterior (1.575 mm), mas próximo da média histórica (1.497mm). E, por fim, olhando exclusivamente o período de maio a setembro, a média mensal foi igual a 67 mm, maior valor acumulado no período e considerado alto quando comparado ao ano anterior (23mm).



**Figura 17** Distribuição mensal das chuvas na Região Centro-Sul nos anos de 2011, 2012 e média das últimas sete safras.

Fonte: CTC, 2012. (Adaptado)

Segundo o Grupo de Irrigação e Ferti-irrigação de Cana-de-açúcar (GIFC), citado por Cherubin (2014), os três meses de pouca chuva registrados em 2014 apontam para uma redução na produtividade de 5% a 12% em relação às primeiras estimativas, variando por região de acordo com o volume de chuvas registrado nos estados de Goiás, São Paulo, Mato Grosso e Minas Gerais.

Variedades resistentes a déficits hídricos têm sido desenvolvidas, mas os resultados não são considerados positivos para o setor. Segundo Ferrero (2014) citado por Cherubin (2014), a irrigação não seria apenas uma boa saída, mas a única saída viável, principalmente

na região Centro-Sul, onde estão sendo desenvolvidas soluções para que a irrigação passe a ser considerada uma ferramenta agrícola eficiente para reduzir custos agrícolas e aumentar a lucratividade das usinas e fornecedores. Segundo Pedroso (2014) citado por Cherubin (2014), com o uso de uma irrigação eficiente, o país deixou de ser dependente do regime pluviométrico e passou a ter muito mais controle de uma importante variável de produção.

Mesmo considerando a necessidade de irrigação, alguns paradigmas são suscitados e devem ser discutidos em relação ao uso da água, desperdício, técnicas e alto custo dos projetos de irrigação, por exemplo. Tecnologias de reaproveitamento das águas da chuva, armazenada no solo e mananciais, dos processos de industrialização e resíduárias devem ser pesquisadas e apresentadas para o setor. No Brasil, a ferti-irrigação, com aplicação da vinhaça com água nos canais, é um bom exemplo, técnica amplamente difundida no setor.

A irrigação não deve ser considerada isoladamente, mas como parte de um conjunto de técnicas utilizadas para garantir a produção econômica de determinada cultura com adequados manejos dos recursos naturais. Portanto, devem ser levados em conta os aspectos de sistemas de plantios, possibilidades de rotação de culturas, proteção dos solos, fertilidade do solo, manejo integrado de pragas e doenças, mecanização etc., perseguindo-se a produção integrada e a melhor inserção nos mercados (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI., 2006).

As plantas requerem grandes quantidades de água, principalmente quando as condições são favoráveis a seu crescimento e desenvolvimento. Diariamente, a folha de uma planta, em seu crescimento ativo, pode consumir de cinco a dez vezes a quantidade de água que ela pode reter. Na maioria das plantas cultivadas, 80% ou mais de seu peso verde correspondem ao peso de água envolvida, ou impregnada na célula vegetal (SEDIYAMA et al., 1998).

De acordo com Rosenberg et al. (1983), citado por Sedyama et al. (1998), a transpiração representa um papel muito importante no ciclo da água das culturas. Apenas 1% da água líquida disponível absorvida pelas plantas é, realmente, envolvida em atividades metabólicas, a maior parte, evapora-se.

As folhas utilizam a transpiração (T) como mecanismo metabólico que modera sua temperatura quando expostas à radiação solar. Ao transpirem, as plantas resfriam-se devido à utilização de energia térmica para o processo de mudança de fase da água (SEDIYAMA et al., 1998). A água absorvida pelo sistema radicular é conduzida até as folhas e eliminada pelos estômatos no estado de vapor. A fonte de energia e as condições atmosféricas são determinantes desse processo, que resulta na movimentação da água do solo até as folhas

passando pelo interior da planta e favorecendo a distribuição dos nutrientes em solução e, conseqüentemente, a planta se desenvolve. Além dessas duas importantes funções da água no metabolismo das plantas, outras devem ser citadas: ação mecânica no alongamento celular, reagente em reações metabólicas e ocorrência da fotossíntese.

A absorção de água pelo sistema radicular, a transpiração e o aumento de atividade fotossintética estão estreitamente relacionados. A transpiração é reduzida quando a taxa de absorção pelo sistema radicular se torna menor. O fechamento dos estômatos para diminuir a transpiração impede a entrada de dióxido de carbono e, em consequência, reduz a atividade fotossintética. Segundo Sedyama et al. (1998), elevados consumos de água significam, implicitamente, alta produtividade fotossintética. A evapotranspiração pode ser um parâmetro da necessidade de água pelo vegetal.

A evapotranspiração pode ser definida como a quantidade de água transpirada pela planta mais a água evaporada diretamente da superfície do solo ou da planta. A evapotranspiração (ET<sub>o</sub>) utiliza como vegetal padrão a grama, em crescimento ativo e mantido à altura uniforme de 0,08 a 0,12 m. Segundo Penman (1948), citado por Sedyama (1998), a evapotranspiração pode ser definida como “a quantidade de água evapotranspirada na unidade de tempo por uma vegetação rasteira, de altura uniforme, em crescimento ativo que cobre completamente a superfície e sem limitação de água no solo”.

Os valores de evapotranspiração são variáveis entre as diferentes culturas, especialmente até atingirem um grau de cobertura do solo correspondente a 50%, considerando alguns fatores: coeficientes de reflexão, coeficientes de transferência de energia no dossel, turbulência atmosférica e período efetivo da transpiração. Portanto o consumo diário de água pela cultura depende da evapotranspiração, considerando a espécie, a variedade e o estágio de desenvolvimento da cultura.

O consumo diário de água pela cultura da cana-de-açúcar pode variar entre 2 a 6 mm/dia, convertendo cada 250 gramas de água em 1 grama de matéria seca (BERNARDO, 2005). Uma relação entre o consumo de água e a produção da cana soca pode chegar a 12,1mm/t (PERES, 1988).

Os dois primeiros estádios de crescimento da cultura são os mais suscetíveis ao déficit hídrico; o terceiro estágio responde a uma lâmina aplicada, mas o déficit hídrico não acarreta tantos prejuízos à produtividade; e o quarto estágio responde positivamente ao déficit hídrico (BERNARDO, 2005).

Segundo Doorenbos; Kassam (1979), a exigência hídrica da cana-de-açúcar durante seu ciclo é de 1500 a 2500 mm, e o manejo da irrigação deve ser realizado de acordo com as

condições da umidade do solo, recomendando determinadas lâminas para cada estágio do ciclo fenológico. Resultados apresentados por Wiedenfeld (2000) afirmam que a cana-de-açúcar, quando submetida ao estresse hídrico no terceiro e quarto período do seu ciclo, 257 a 272 e 302 a 347 dias após o plantio, apresenta redução de 8,3% a 15% no rendimento produtivo.

A disponibilidade hídrica é o principal fator limitante na produtividade da cana-de-açúcar, acarretando vários distúrbios metabólicos. Interfere na abertura estomática, na taxa de transpiração, na taxa de assimilação de dióxido de carbono, no tamanho das células foliares, no desenvolvimento e alongamento dos perfilhos, altura final dos colmos e florescimento.

### 2.7.1 Coeficientes da cultura (Kc)

O consumo de água da planta é semelhante à evapotranspiração da cultura (ETc), a qual é definida como a perda de água por evaporação do solo e transpiração das plantas. O conhecimento da ETc é muito importante em projetos de irrigação, pois ela representa a quantidade de água que deve ser repostada ao solo para manter o crescimento da cultura. Conforme Nieuwenhuis et al. (2012), citado por Souza et al. (2012), quanto maior a evapotranspiração real da cultura (ETr) for próxima da evapotranspiração máxima da cultura (ETc), menor é o estresse sofrido pela cultura. No campo, a determinação da ETc é difícil e sujeita a muitos erros. Na prática, é determinada através da multiplicação da evapotranspiração de referência (ETo) e de um coeficiente da cultura (Kc), conforme a equação:  $ETc = ETo \times Kc$  (SOUZA et al., 2012).

O Kc é a relação entre a evapotranspiração da cultura (ETc) e a evapotranspiração de referência (ETo), conforme a equação:  $Kc = ETc/ETo$ . Reflete, também, as condições fisiológicas da planta, seu estágio de desenvolvimento vegetativo e, principalmente, os efeitos das condições climáticas locais sobre o cultivo (SOUZA et al., 2012).

A Tabela 7 apresenta coeficientes de cultura da cana-de-açúcar em diferentes fases do ciclo fenológico, segundo Scardua e Rosenfeld (1987), citado por Souza et al. (2012).

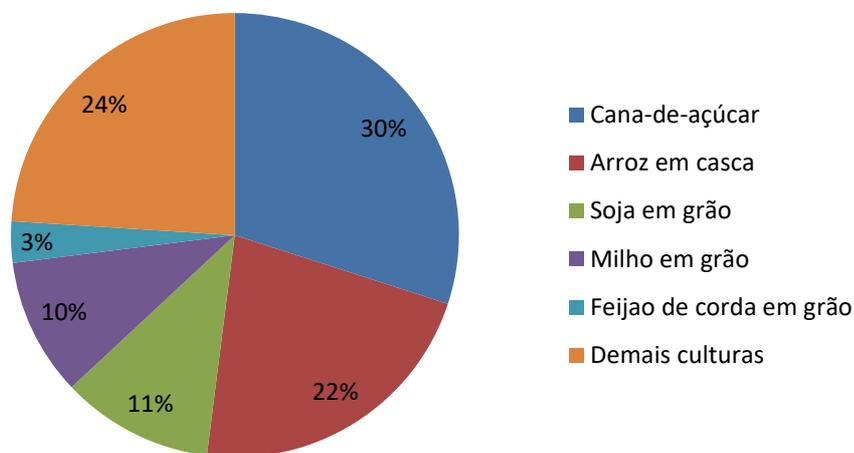
**Tabela 7** Coeficientes de cultivo da cana-de-açúcar, de acordo Scardua e Rosenfeld (1987).

Idade da cultura (meses)		Estação de crescimento Cobertura foliar	Valores de $Kc=ETc/ETo$		
Cana planta	Cana soca		1	2	3
0-2	0-1	Plantio ate 0,25% de fechamento	0,40	0,57	0,50
2-3	1-2	0,25 a 0,50 de fechamento	0,80	0,65	0,65
3-4	2-3	0,50 a 0,75 de fechamento	0,90	0,70	0,75
4-7	3-4	0,75 de fechamento	1,00	0,80	0,90
7-14	4-9	Máximo desenvolvimento	1,25	0,95	1,10
14-16	9-10	Início da maturação	0,80	0,80	0,70
16-18	10-12	Maturação	0,75	0,62	0,60

$ETc$  = evapotranspiração da cultura;  $ETo$  = evapotranspiração de referência; 1 = coeficiente de cultivo da FAO; 2 = coeficiente de cultivo de Hargreaves; 3 = coeficiente de cultivo do PLANALSUCAR

### 2.7.2 Tipos de irrigação

Atualmente, segundo dados da Agência Nacional de Águas (ANA, 2013) são 5,5 milhões de hectares irrigados no país. As culturas com mais áreas irrigadas são cana-de-açúcar (1,7 milhão de hectares), arroz (1,1 milhão de hectares), soja (624 mil hectares), milho em grão (559 mil hectares) e o feijão (195 mil hectares). A Figura 18, de acordo com dados fornecidos pelo IBGE (2006), ilustra esta tendência à utilização de irrigação nas diferentes culturas.

**Figura 18** Distribuição da área colhida nas principais culturas irrigadas.

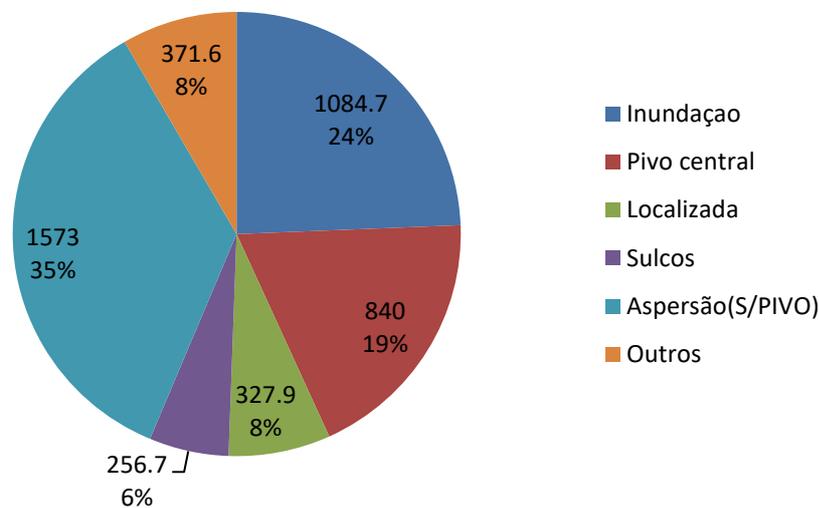
Fonte: IBGE, 2006.

O estado que concentra a maior área de lavouras irrigadas são o Rio Grande do Sul, com 984 mil hectares. Em seguida, estão São Paulo (770 mil hectares), Minas Gerais (525 mil hectares), Bahia (299 mil hectares) e Goiás (270 mil hectares).

Praticamente, toda a cana-de-açúcar do estado de São Paulo é produzida em sequeiro. A atividade tecnológica de irrigação começa a ser introduzida em áreas de expansão

onde há má distribuição de chuvas e, com isso, grande déficit hídrico. Em São Paulo, onde se praticam o plantio de ano e meio e o plantio de ano, não se utiliza irrigação. O plantio de inverno, realizado no período seco, exige irrigação de salvamento para assegurar o início do desenvolvimento e crescimento da cultura, com recomendações de lâminas de 30 a 40 mm de água, mas, mesmo assim, não é amplamente utilizado da região Sudeste (CGEE, 2009).

Analisando os métodos de irrigação utilizados, observa-se que os sistemas de irrigação por aspersão convencionais são empregados, na maior parte das áreas irrigadas, com 1.572.960 ha (35%), seguidos pela inundação (24%), pivô-central (19%), localizada (8%) e outros (8%) e, por último, a irrigação por sulcos com 6% (Figura 19).



**Figura 19** Área (1000 ha) e porcentagem de área irrigada no Brasil para os diferentes métodos de irrigação. Fonte: IRRIGA, 2011.

Na cultura da cana-de-açúcar, os métodos que podem ser empregados para a irrigação são: **por superfície, aspersão e localizada**.

**Irrigação por superfície:** a água é aplicada em sulcos de irrigação paralelos à linha da planta, de forma mais concentrada (Figura 20), sendo recomendada para solos de textura médio-argilosa e terrenos planos, devido ao método ser de baixa eficiência de aplicação da água (IRRIGER, 2013). Normalmente, é necessária a sistematização do terreno para que este apresente condições adequadas de condição e distribuição de água. É o método que mais consome água, com baixa eficiência de aplicação e não permite a ferti-irrigação (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI., 2006).



**Figura 20** Sistema de irrigação por superfície em cana-de-açúcar.

Fonte: Mantovani et al., 2009.

- Irrigação por aspersão: a água é aspergida sob pressão em forma de gotas que simulam a chuva. Os aspersores são conectados a tubulações de diferentes diâmetros, e estas a uma bomba centrífuga, responsável pela pressurização do sistema (figuras 21a e 21b), método muito utilizado devido à sua boa aplicabilidade. Apresenta boa uniformidade de aplicação de água, em torno de 75 a 90% (BERNARDO et al., 2008).



**Figura 21a** Sistema mecanizado de aspersão.

Fonte: Mantovani et al., 2009.



Placa estriada fixa



Placa estriada tripla oscilante



LEPA sobre a copa



LEPA sobre o solo

**Figura 21b** Alguns tipos de emissores utilizados em sistemas linear e pivô central.

Fonte: Mantovani et al., 2009.

- Irrigação localizada: método mais recente de irrigação, onde a água é aplicada de forma localizada, próxima à região radicular das plantas (Figura 22a). É necessária a instalação de um “cabeçal de controle” (Figura 22b), onde é realizada a preparação da água a ser injetada (BERNARDO et al., 2008). Não possui restrição em termos de textura do solo e topografia do terreno. Esse sistema permite a aplicação de fertilizantes via água de irrigação, reduzindo bastante os custos com mão de obra com essa prática. Como desvantagem, apresenta elevado investimento inicial com a aquisição das linhas gotejadoras, tubulações, filtros e acessórios (IRRIGER, 2013). Considera-se, também, como inconveniente a possibilidade de entupimento dos emissores, exigindo operações de manutenção preventivas adequadas e constantes.



**Figura 22a** Irrigação localizada.  
Fonte: Mapa (2012).



**Figura 22b** Irrigação localizada – “Cabeçal de controle”.  
Fonte: Frizzone (2014).

A adição de água pode ser feita das seguintes formas: total, suplementar, com déficit hídrico e de salvação, conforme descritas a seguir (IRRIGER, 2013).

- Irrigação total: toda a água necessária para atender à demanda hídrica das culturas é aplicada via irrigação. Deve ser praticada em regiões áridas ou onde a precipitação (chuva) é insignificante. Para o dimensionamento dos projetos, usa-se a maior demanda diária que ocorre durante o ciclo da cultura, ou seja, maior demanda hídrica potencial da cultura ( $ET_c = K_c ET_o$ );
- Irrigação suplementar: neste tipo de manejo, a água a ser utilizada para atender à demanda de evapotranspiração das culturas, parte vem da irrigação e parte vem da precipitação efetiva, ou seja, a irrigação suplementa a precipitação efetiva no atendimento da demanda de evapotranspiração da cultura. Para o dimensionamento do sistema de irrigação, usa-se a precipitação provável com 75 ou 80% de probabilidade de ocorrência.

- Irrigação com déficit: é utilizada quando se planeja atender somente a uma fração da demanda hídrica da cultura. Pode ser praticada com irrigação total e suplementar, tanto para dimensionamento quanto para manejo da irrigação. O déficit pode ser durante todo o ciclo da cultura ou somente nas fases não críticas ao déficit de água. Neste último caso, obtêm-se menores quedas na produtividade potencial da cultura.
- Irrigação de salvação: neste tipo de manejo, planeja-se irrigar somente num período relativamente curto ou em um estágio do cultivo. Exemplo típico ocorre com a cana-de-açúcar, à qual se aplica, via irrigação, a água de lavagem da cana e/ou água com vinhoto. A aplicação é feita em duas ou três irrigações de 60 milímetros por mês, após o plantio, para canaplanta, ou após os cortes, para canasoca.

### **2.7.3 Importância da irrigação para a cultura de cana-de-açúcar**

Segundo Mantovani, Bernardo, Palaretti (2006), a importância da irrigação pode ser sintetizada em algumas vantagens:

- Seguro contra secas;
- Maior eficiência no uso de fertilizantes;
- Melhor produtividade das culturas;
- Melhor qualidade do produto;
- Possibilidade de fazer um programa de cultivo com colheitas fora da época tradicional;
- Introdução de culturas caras, minimizado o custo do investimento.

Vantagens socioeconômicas também devem ser consideradas, tais como: geração de empregos e aumento de renda, redução do êxodo rural e desenvolvimento da região.

De acordo com dados fornecidos pela Irriger (2013), a irrigação em áreas de cultivo de cana-de-açúcar, adotando as técnicas de manejo adequadas, é viável e traz benefícios significativos à produtividade. Estudos demonstram um conjunto de vantagens relacionadas ao crescimento, desenvolvimento das estruturas vegetativas, florescimento e produtividade. Devem ser consideradas, ainda, a ampliação da longevidade do plantio, a redução da área plantada, gerando redução nos custos do plantio e de manutenção, diminuição da infraestrutura, estabilização e planejamento da produtividade (diminui a variabilidade da produção), menor custo de colheita e transporte (menores áreas, talhões mais produtivos, menores distâncias), sinergia com uso da fertirrigação, utilização racional da vinhaça.

Gava et al. (2011), trabalhando com irrigação por gotejamento em três cultivares de cana-de-açúcar, obtiveram, em média, incremento de 20% em canaplanta e de 28% em cana soca com o uso da irrigação localizada. Dalri (2004), citado por Arantes (2012), trabalhando com irrigação por gotejamento, obteve resultados semelhantes com incrementos médios de 28,21% em produtividade de colmos.

Farias et al. (2008), trabalhando com cana-de-açúcar sob regime irrigado e de sequeiro em canaplanta, obtiveram índice de área foliar máximo de 6,82 na presença de irrigação e 6,80 nos tratamentos sequeiro.

Arantes (2012), trabalhando com irrigação por gotejamento em três cultivares de cana-de-açúcar, obteve, em média, incremento de 20% em canaplanta e de 28% em canasoca com o uso da irrigação localizada.

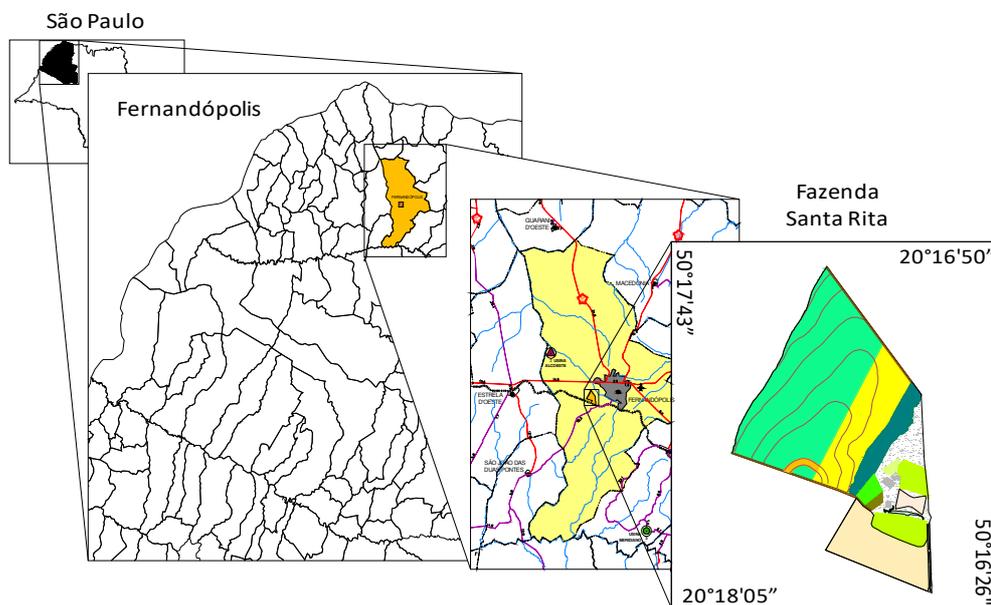
O cultivo irrigado da cana-de-açúcar proporciona aumento da produtividade, da produção e do número de cortes por plantio, além de promover a sustentabilidade econômica, social e ambiental (ARANTES, 2012).

Há muito que se conhece a respeito do potencial de uso da tecnologia de irrigação para a cultura da cana-de-açúcar. O desenvolvimento de novos parâmetros técnicos que potencializem a resposta de irrigação, incluindo o desenvolvimento de novas variedades e fertirrigação, são de grande importância para consolidar projetos viáveis (MOREIRA, 2011).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização e características edafoclimáticas

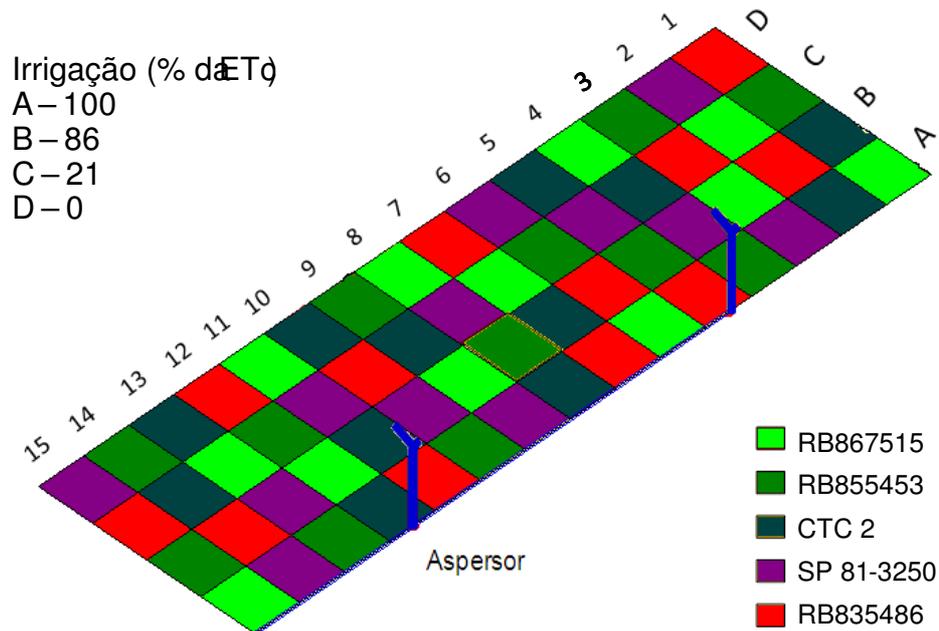
O experimento foi conduzido na área experimental da Fazenda de Ensino e Pesquisa da Universidade Camilo Castelo Branco, Câmpus de Fernandópolis, SP(Fazenda Santa Rita), localizada entre as latitudes 20°16'50" e 20°18'05" sul e longitudes 50°17'43" e 50°16'26" oeste (Figura23).



**Figura23**Localização da Fazenda Santa Rita, Fernandópolis, SP.

#### 3.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental foirealizadoem faixas no esquema fatorial4 x 5, sendo os tratamentos principais constituídos pelos 4 níveis de irrigação determinados com base na evapotranspiração da cultura (ETc) pelo método do tanque classe A (100, 86, 21 e 0% da ETc); os tratamentos secundários foram constituídos de 5 variedades de cana (RB867515, RB855453,RB835486, SP81-3250 eCTC2) e 3 repetições. Para isto, implantou-se uma área experimental com um total de 1.080 m<sup>2</sup> (24,0 x 45,0 m), divididos em 60 parcelas de 18,0 m<sup>2</sup>, nas dimensões de 3,0 x 6,0 m(figura 24).



**Figura 24** Detalhe do *layout* final da área experimental.

### 3.3 Instalação do experimento

O preparo do solo foi realizado no dia 19 de abril de 2013, sendo constituído de um preparo convencional por meio de uma aração e gradagens niveladoras (grades leves)(Figura 25).



**Figura 25** Detalhe do preparo do solo na área experimental.

Em seguida, foi realizada a sulcação mecanizada no espaçamento de 1,50 m. A adubação e a correção química do solo foram realizadas de acordo com análise de amostra coletada na área experimental em 20 de março de 2013, nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm (Tabela 8).

**Tabela 8** Resultado da análise do solo da área experimental.

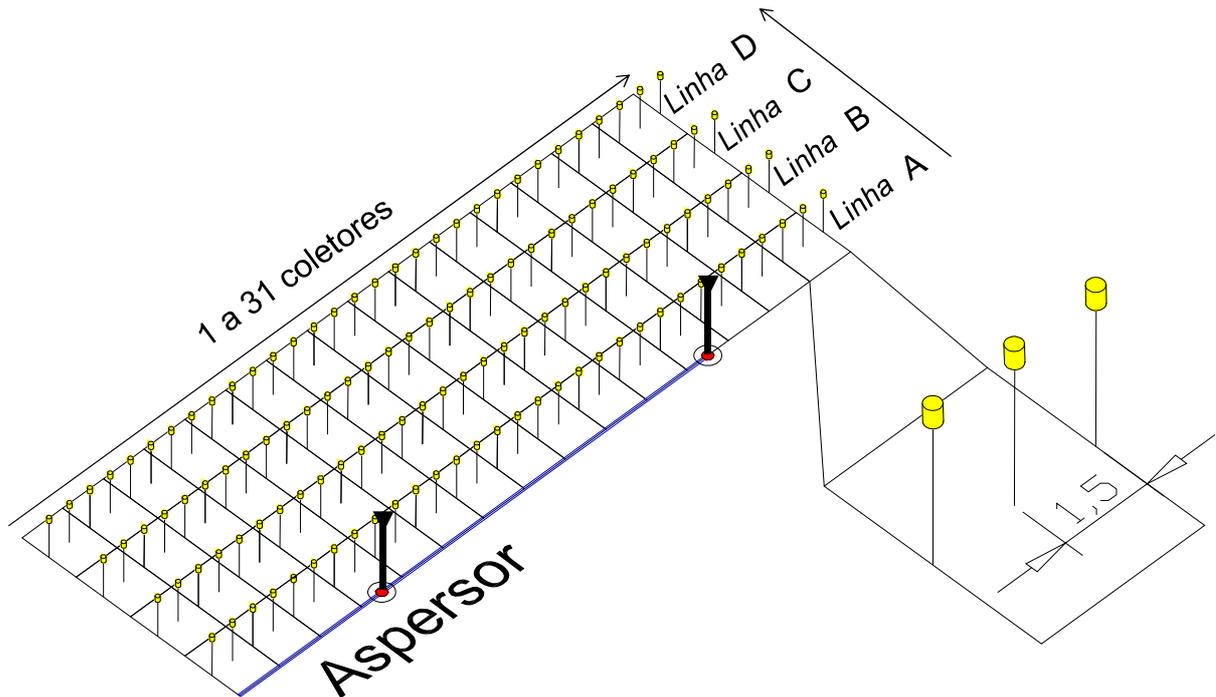
Prof, cm	P mg/dm <sup>3</sup>	M, O, g/dm <sup>3</sup>	pH CaCl	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	H+Al	Al <sup>+</sup>	S, B, %	T mol/dm <sup>3</sup>	V %	m %	S-SO <sub>4</sub> mg/dm <sup>3</sup>	B	Fe mg/dm <sup>3</sup> (ppm)	Mn	Cu	Zn
0-20	26,0	15,0	5,1	0,20	2,20	0,70	1,70	0,09	65,0	5,0	65,0	3,0	1,5	0,270	128,0	44,2	0,4	2,6
20-40	14,9	12,1	4,9	0,19	1,80	0,50	2,00	0,11	55,5	4,5	55,5	4,2	3,0	0,007	119,0	38,4	0,3	1,0

O plantio manual foi realizado no dia 20 de abril de 2013, com mudas de cana de 5 variedades, na proporção de 15 gemas por metro, sendo a composição das 5 variedades nas parcelas realizada por sorteio. As variedades cultivadas foram: RB867515, RB855453, RB835486, SP81-3250 e CTC2, originadas do viveiro de mudas da Alcoeste Destilaria Fernandópolis S/A (Figura 26).



**Figura 26** Detalhe da distribuição dos colmos no sulco de plantio.

Os tratamentos de irrigação foram configurados pelo percentual de água aplicada em cada faixa irrigada A, B, C e D, em relação à faixa A correspondendo a 100%, (Figura 27). Este procedimento foi realizado pelo cálculo da taxa de aplicação média, determinada por meio de teste de uniformidade nas faixas. Executou-se o teste de uniformidade com auxílio de coletores instalados ao longo de cada faixa, espaçados 1,5 m um do outro (nas bordaduras e centro das parcelas).



**Figura 27** Esquema geral da instalação dos coletores na área experimental.

O sistema de irrigação empregado foi do tipo aspersão convencional com aspersores minicanhão Plúvio 150 de 1 1/2", espaçados de 24 m. O resultado do teste de uniformidade e as taxas de aplicação e percentuais obtidos para cada tratamento estão apresentados na Tabela 9.

**Tabela 9** Resultado do teste de uniformidade para cada tratamento de irrigação.

Parâmetro	Tratamentos de irrigação			
	Faixa A	Faixa B	Faixa C	Faixa D
$I_a$ (mmh <sup>-1</sup> )	7,0	6,0	1,5	0
% $I_a$	100	86	21	0
CUC (%)	60	61	14	-

Obs.:  $I_a$  (taxa de aplicação), % $I_a$  (% de água aplicada em relação à faixa A), CUC (coeficiente de uniformidade de Christiansen).

Toda necessidade de irrigação foi aplicada na faixa A (tratamento de 100% de reposição da ETc), a partir da qual, nas demais faixas B, C e D, foram aplicadas as quantidades de 86, 21 e 0% da ETc, respectivamente. A ETc foi determinada a partir da evapotranspiração do tanque classe "A", instalado a 200 m da área e utilizando os coeficientes de cultura, de acordo com Allen et al. (1998) (Tabela 10).

**Tabela 10** Coeficientes da cultura (kc) utilizados no manejo da irrigação.

Fase	Coeficiente da cultura (kc)	Período utilizado
Emergência	0,40	21/04/13 a 14/06/13 (55 dias)
Desenvolvimento vegetativo	1,25	15/06/13 a 30/04/14 (320 dias)
Maturação	0,75	01/05/14 a 13/06/14 (44 dias)
Sem irrigação	0,00	13/06/14 a 04/07/14 (21 dias)
Total		22/04/13 a 04/07/14 (440 dias)

As reposições da água foram calculadas até a capacidade de campo, sempre que a água disponível atual (ADa) atingisse a água disponível crítica (ADc), definida de acordo com balanço hídrico para o controle da irrigação (PEREIRA, ANGELOCCI, SENTELHAS., 2002). A água disponível (AD) foi calculada com base em uma profundidade efetiva do sistema radicular de 0,40 m e um fator de disponibilidade de água no solo de 0,40.

A capacidade média de água disponível na área experimental foi obtida na mesma área, segundo propõem Patrocínio et al. (2009), resultando em 0,61 e 0,65 mm cm<sup>-1</sup>, respectivamente, para as profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm. Ao final do experimento, de acordo com o manejo da irrigação seguindo os percentuais de reposição da ETc, obtiveram-se os resultados apresentados na Tabela 11.

**Tabela 11** Parâmetros finais do manejo da irrigação.

Tratamento (% ETc)	P (mm)	ETc (mm)	L (mm)	Total P+L (mm)
0			0	1.325
21	1.325	1.797	298,4	1.586
86			1.218	2.544
100			1.421	2.747

Obs.: P (precipitação); ETc (evapotranspiração da cultura); L (lâminas totais de irrigação).

### 3.4 Variáveis analisadas

As variáveis analisadas nas plantas foram: perfilhamento (aos 30, 60, 90, 120, 150 e 210 dias do plantio), altura de plantas e diâmetro de colmos (aos 90, 120, 150 e 210 dias do plantio) e

produtividade de cana e de açúcar total recuperável (após a colheita aos 440 dias após o plantio).

Embora cada parcela tenha sido composta de 4 linhas de 3 m de plantas, todas as avaliações foram realizadas somente nas duas linhas centrais (parcela útil), desprezando-se as bordaduras.

A avaliação da altura de plantas foi realizada medindo-se do nível do solo até a inserção da última folha das plantas, utilizando-se uma trena e mira topográfica quando necessário. O diâmetro de colmos foi calculado a partir do levantamento da circunferência dos colmos entre a mediana e o terço final das plantas, nas duas linhas centrais de cada parcela, utilizando fita métrica. Em seguida, os perímetros das circunferências médias foram convertidos em diâmetro.

O perfilhamento foi medido contando-se todos os perfilhos das parcelas úteis. A produtividade foi determinada após a colheita manual, pesando-se todos os colmos com o auxílio de balança de plataforma (figura 28).



**Figura 28** Detalhe do experimento no momento da colheita (a) e da pesagem das parcelas (b).

A pesagem foi realizada sempre com as plantas colhidas manualmente nas duas linhas centrais, sendo os valores convertidos para hectare (TCH). Não foi considerado, na pesagem, o ápice da planta, retirado na colheita. O corte foi realizado entre os dias 04 e 11 de julho de 2014.

Após a pesagem, foram retirados de cada parcela útil cerca de 10 kg de colmos, os quais foram enviados ao Laboratório de Análises Industriais da Alcoeste Destilaria Fernandópolis S/A, onde foram analisadas as seguintes variáveis: pH, Brix, Pol, Pureza, Fibras, Pol corrigido, Açúcares redutores, Açúcar recuperável total e Açúcar total recuperável (ATR). A partir deste último, determinou-se a Tonelada de açúcar total recuperável por hectare (TATR)

Com os dados de produtividade de biomassa e açúcares totais recuperáveis e conhecendo-se a quantidade de água total utilizada em cada tratamento de reposição via irrigação (irrigação mais a chuva), determinou-se a eficiência do uso da água em biomassa e em açúcares totais recuperáveis. Para isso calculou-se, respectivamente, o quociente entre produtividade de biomassa e ATR pelo somatório da chuva e irrigação (P + L)

### **3.5 Análise dos resultados**

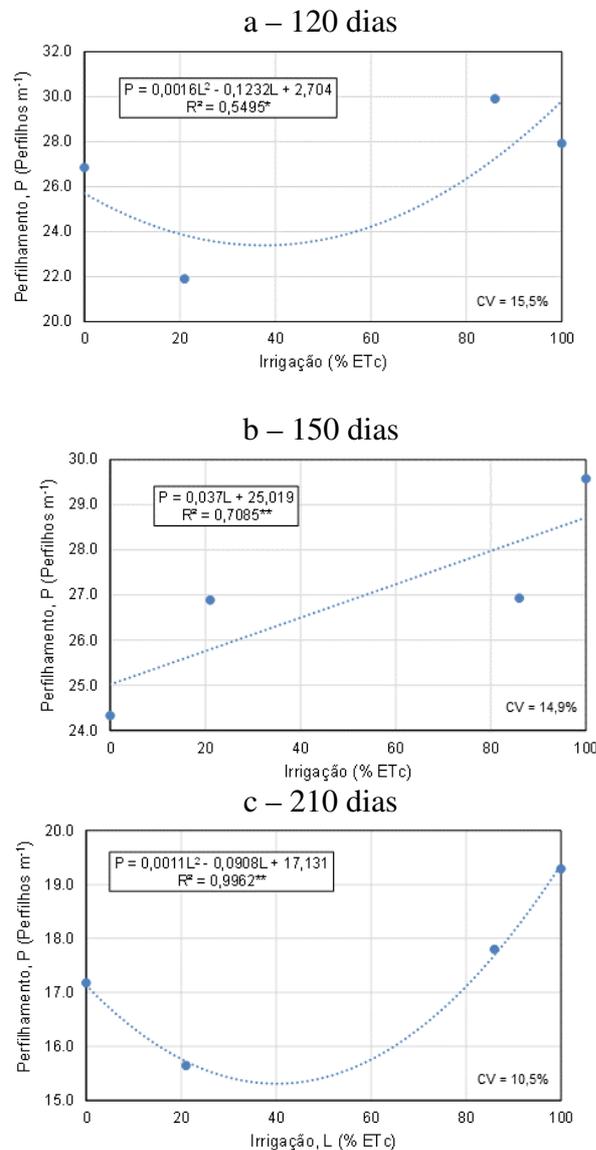
Para avaliar a significância isolada ou combinada dos fatores estudados (irrigação e variedades), inicialmente, foram realizadas análises de variância. Quando verificada a significância ( $p < 0,05$ ), o teste prosseguiu com a análise de regressão para o fator quantitativo (lâminas de irrigação) e com o teste de Tukey para o fator qualitativo (variedades de cana). Quando necessário, realizou-se o desdobramento do fator lâminas de irrigação dentro do fator variedades. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do *software* SISVAR.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Perfilamento

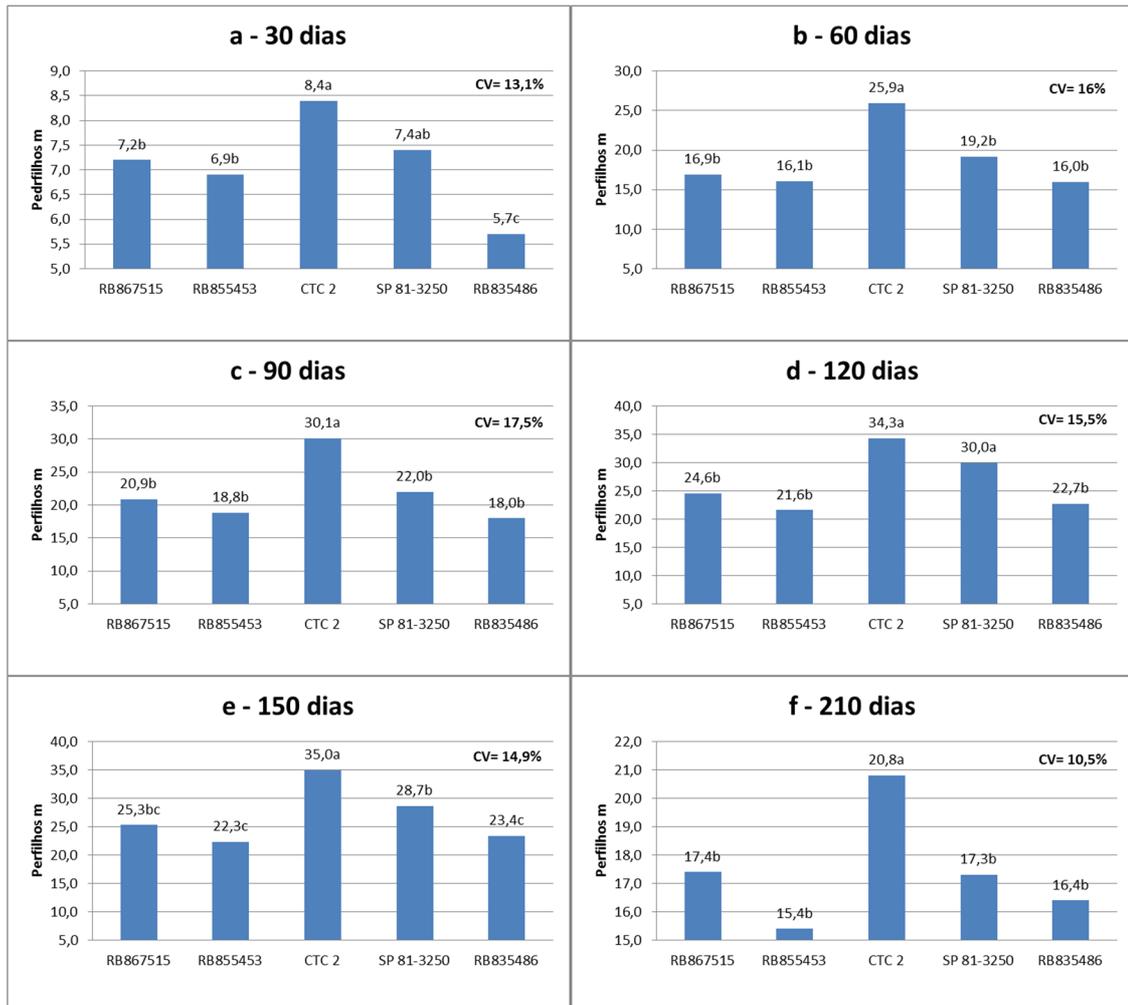
O perfilamento foi significativo em função da reposição de água via irrigação somente a partir dos 120 dias e em função das variedades em todos os períodos avaliados após o plantio. Não foram observadas interações entre os fatores estudados para esta variável.

A reposição de 100% da ETc via irrigação promoveu maiores perfilamentos, sendo de 29,8, 28,7 e de 19,35 perfilhos m<sup>-1</sup> para os períodos de 120, 150 e 210 dias do plantio (Figura 29), ou seja, aproximadamente 199.000, 191.500 e 129.000 perfilhos ha<sup>-1</sup>. Em relação ao sequeiro, estes resultados representaram aumentos médios de 16,0, 14,8 e 13,0% para os mesmos períodos.



**Figura 29** Respostas do perfilamento à reposição de água via irrigação aos 120 (a), 150 (b) e 210 (c) dias após o plantio, sendo CV o coeficiente de variação.

A variedade CTC 2 foi a que apresentou o maior perfilhamento em relação às demais variedades, não se diferenciando somente da SP 81-3250 aos 30 e 120 dias do plantio (Figura 30). A CTC2 apresentou 8,4, 25,9, 30,1, 34,3, 35,0 e 20,8 perfilhos  $m^{-1}$ , respectivamente, aos 30, 60, 90, 120, 150 e 210 dias do plantio, correspondendo aumentos de 26,5, 52,1, 51,2, 49,1, 40,6 e 25,3% em relação às médias das demais variedades para os mesmos períodos.



**Figura 30** Resultado da comparação de médias do perfilhamento aos 30 (A), 60 (B), 90 (C), 120 (D), 150 (E) e 210 (F) dias do plantio, pelo teste de Tukey a 5% (médias seguidas de mesma letra não se diferenciam estatisticamente e CV é o coeficiente de variação).

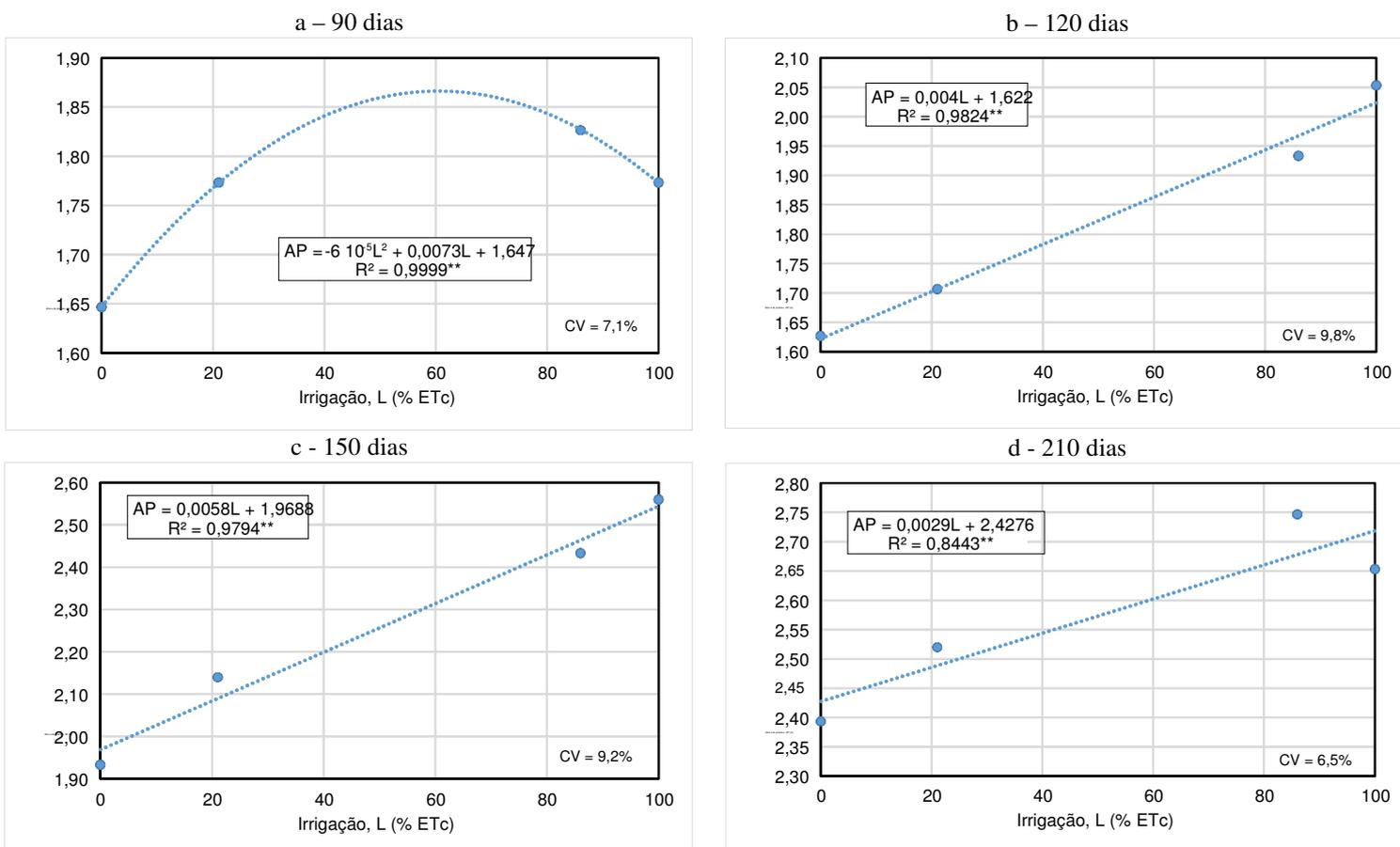
Dentre os fatores que podem promover o maior perfilhamento da cana-de-açúcar com o uso da irrigação destacam-se o maior desenvolvimento do sistema radicular (FARIAS et al., 2008) e a potencialização da fotossíntese (VIEIRA et al., 2012), favorecendo o crescimento das plantas e a minimização da competição.

## 4.2 Altura de plantas

A altura de plantas foi significativa em função da irrigação em todos os períodos avaliados após o plantio. Em relação à variedade, houve significância somente no período de 150 dias após o plantio. Não houve, em nenhum dos períodos avaliados, interação entre os fatores estudados.

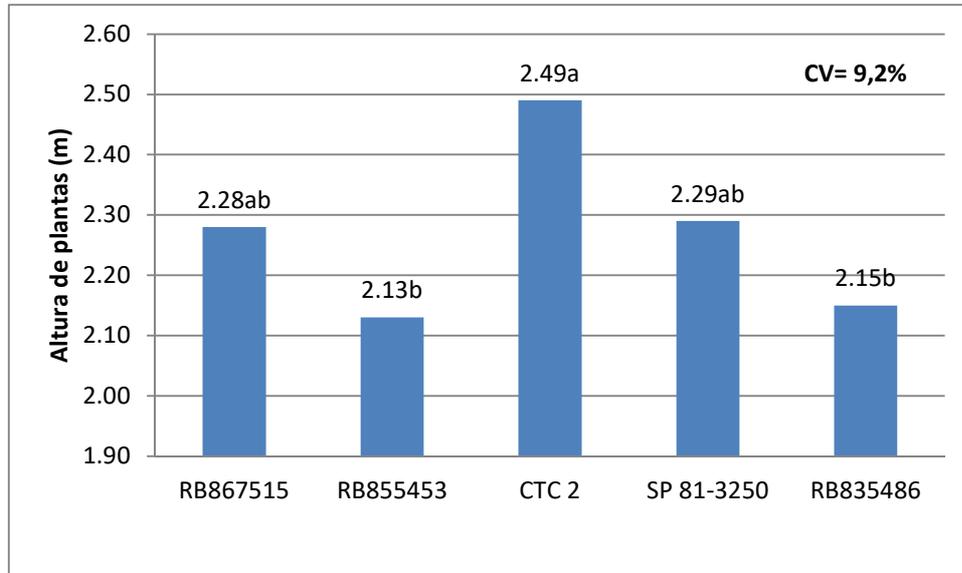
Com exceção do levantamento realizado aos 90 dias do plantio, cuja resposta foi quadrática, nos demais períodos as respostas da altura de plantas em função da reposição de água via irrigação foi linear. Aos 90 dias após o plantio (Figura 31a), a altura média de plantas foi maior (AP = 1,87 m) com a reposição de água de 60% da ETc e, a partir dessa lâmina, houve uma diminuição de altura. A partir dos 120 dias, entretanto, a melhor resposta da altura de plantas foi obtida com a reposição de 100% da ETc (Figuras 31b, 31c e 31d).

As alturas médias de plantas nos tratamentos de reposição de 100% da ETc foram de 2,02, 2,54 e 2,72 m, respectivamente, para os períodos de 120, 150 e 210 dias do plantio. Em relação ao sequeiro, este tratamento proporcionou, em média, aumentos de 24,8, 29,2 e 12,0% para os mesmos períodos avaliados.



**Figura 31** Respostas da altura de plantas aos 90 (a), 120 (b), 150 (c) e 210 (d) dias após o plantio em função da reposição de água via irrigação, sendo CV o coeficiente de variação.

Com relação às variedades, observou-se que, somente aos 150 dias após o plantio, a variedade CTC2 apresentou maior altura média (2,49 m) em relação às variedades RB855453 e RB835486 (2,13 e 2,15 m, respectivamente), porém, não se diferenciando das variedades RB867515 e SP81-3250 (Figura 32).

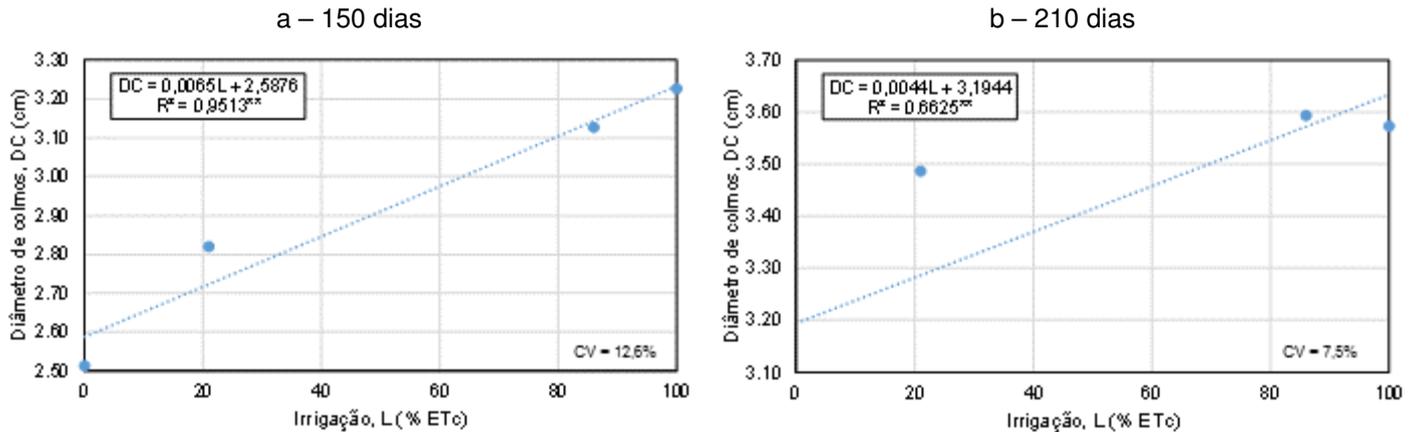


**Figura 32** Resultado da comparação de médias da altura de plantas 150 dias do plantio, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (médias seguidas de mesma letra não se diferenciam estatisticamente e CV é o coeficiente de variação).

Farias et al. (2008) afirmam que o déficit hídrico afeta vários aspectos do crescimento vegetal, como a redução do tamanho das plantas, de sua área foliar e produtividade. A limitação da expansão da área foliar é classificada como uma resposta ao déficit hídrico, uma primeira linha de defesa contra a seca. O estresse hídrico não apenas limita o tamanho de cada folha, mas também a área foliar pela diminuição no surgimento de novas folhas e pelo aumento da abscisão foliar (queda das folhas). Essas alterações em conjunto também resultam na diminuição da altura do vegetal.

#### 4.3 Diâmetro de colmos

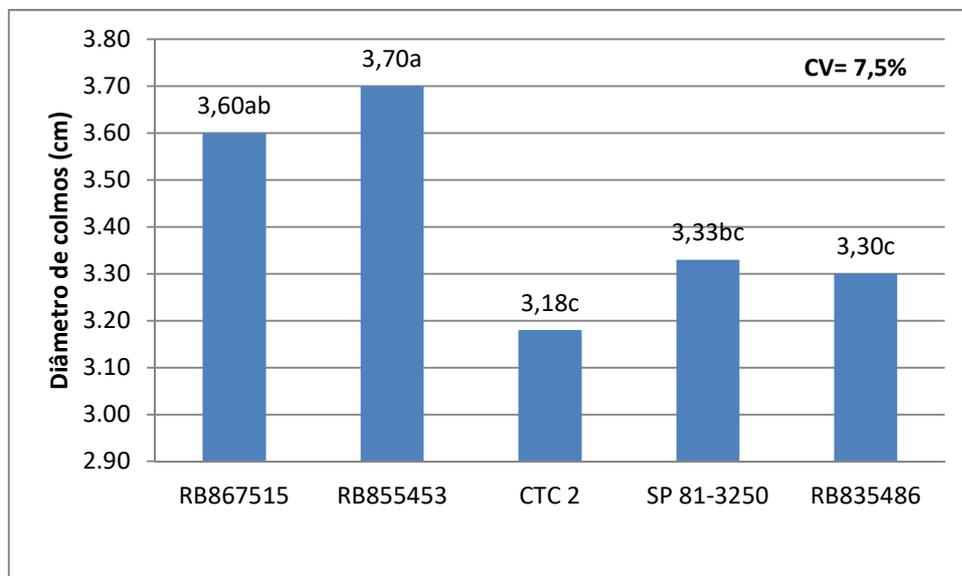
O diâmetro de colmo foi significativo em função da irrigação somente nos períodos de 150 e 210 dias após o plantio. Entre as variedades, foram observadas diferenças significativas somente para o período de 210 dias após o plantio (Figura 33). Não foram encontradas interações significativas entre os fatores avaliados.



**Figura 33** Respostas do diâmetro de colmos aos 150 (a) e 210 (b) dias após o plantio em função da reposição de água via irrigação, sendo CV o coeficiente de variação.

Para o fator irrigação, observou-se, nos períodos de 150 e 210 dias após o plantio, que a reposição de 100% da Etc proporcionou maior média de diâmetro de colmos, sendo de 3,23 e 3,53 cm respectivamente. Em relação ao sequeiro, o aumento foi de 24,5 e 15,1 %.

Com relação às variedades, observou-se que a RB855453 apresentou maior diâmetro médio de colmos (3,70 cm) em relação às variedades CTC 2 (3,18 cm), SP 81-3250 (3,33 cm) e RB835486 (3,30 cm), com um aumento médio de 13,2% (Figura 34).



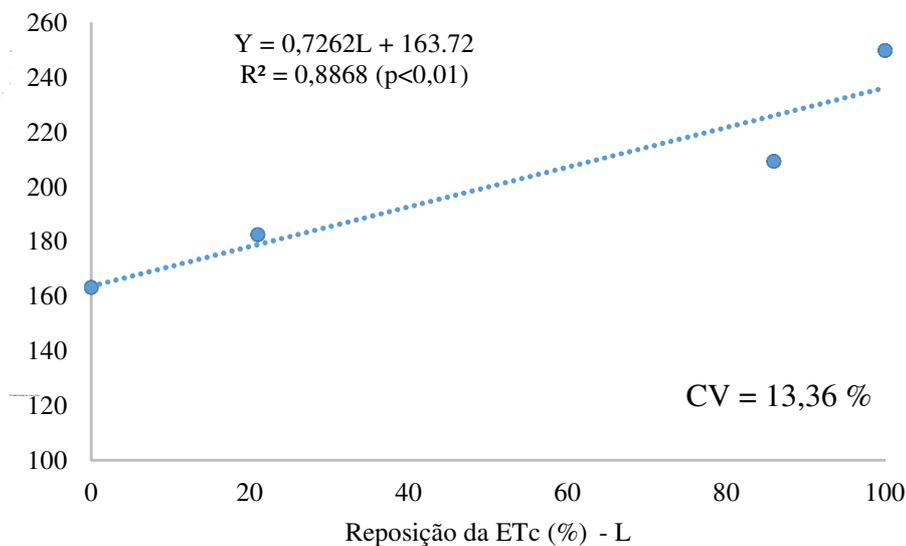
**Figura 34** Resultados da comparação de médias do diâmetro de colmos aos 210 dias do plantio, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (médias seguidas de mesma letra não se diferenciam estatisticamente e CV é o coeficiente de variação).

Resultados semelhantes quanto à morfologia da planta foram obtidos por DantasNeto et al. (2006), que, avaliando alguns parâmetros de crescimento (comprimento de colmo, diâmetro de colmo e número de internódios de colmo), observaram respostas significativas à

irrigação. Também observaram que os menores diâmetros foram encontrados nas parcelas sem irrigação, desenvolvidas somente com precipitação.

#### 4.4 Produtividade de biomassa

A resposta da produtividade de biomassa de cana-de-açúcar foi significativa em função da reposição de água via irrigação ( $p < 0,01$ ) e das variedades estudadas ( $p < 0,05$ ) (Figura 35).



**Figura 35** Resposta da produtividade de cana-de-açúcar (Y) em função da reposição de água via irrigação (L), sendo CV o coeficiente de variação.

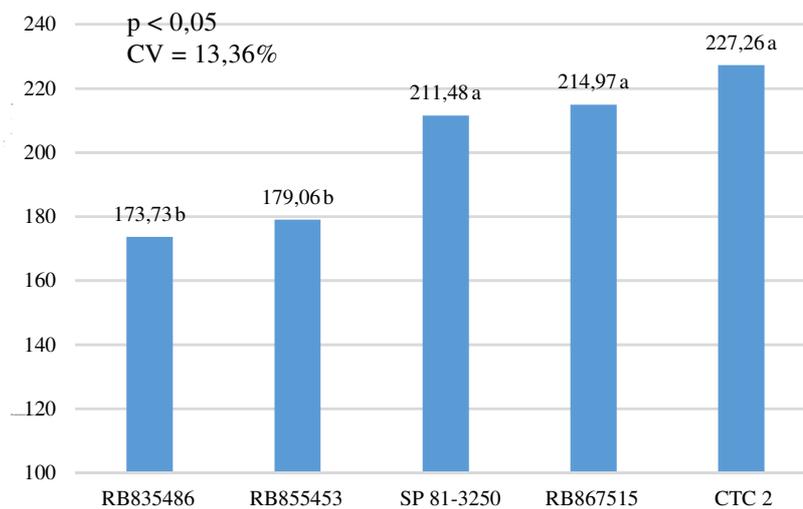
Pode-se observar que o melhor modelo da resposta da produtividade de biomassa em função da reposição de água foi linear (Figura 35). A maior média ajustada pelo modelo foi proporcionada pela reposição de 100% da ETc (236,3 t ha<sup>-1</sup>), sendo 44,4% superior ao sequeiro (163,7 t ha<sup>-1</sup>).

Segundo Larcher (2000) a alta produção primária líquida ocorre somente em regiões dos continentes que oferecem combinações favoráveis de disponibilidade de água, calor e nutrientes. Um estresse hídrico moderado é suficiente para desencadear a síntese de ácido abscísico (ABA), a partir dos carotenóides na raiz. Conduzido como um “sinal da raiz” para diferentes partes da planta induzirá uma variedade de efeitos. Nas folhas, induz o fechamento estomático. Ocorre uma alteração na alocação de assimilados sob a influência de hormônios sintetizados nas folhas e nas raízes em resposta à seca, a relação em termos de crescimento entre a parte aérea e a parte subterrânea é alterada. Se o grau de desidratação aumenta, os processos catabólicos tornam-se predominantes. A senescência é acelerada e as folhas mais

velhas sofrem dessecação e, posteriormente, abscisão. Efeitos que interferem significativamente nas reações secundárias da fotossíntese, diminuindo conseqüentemente, a produtividade de biomassa, quando não reversíveis.

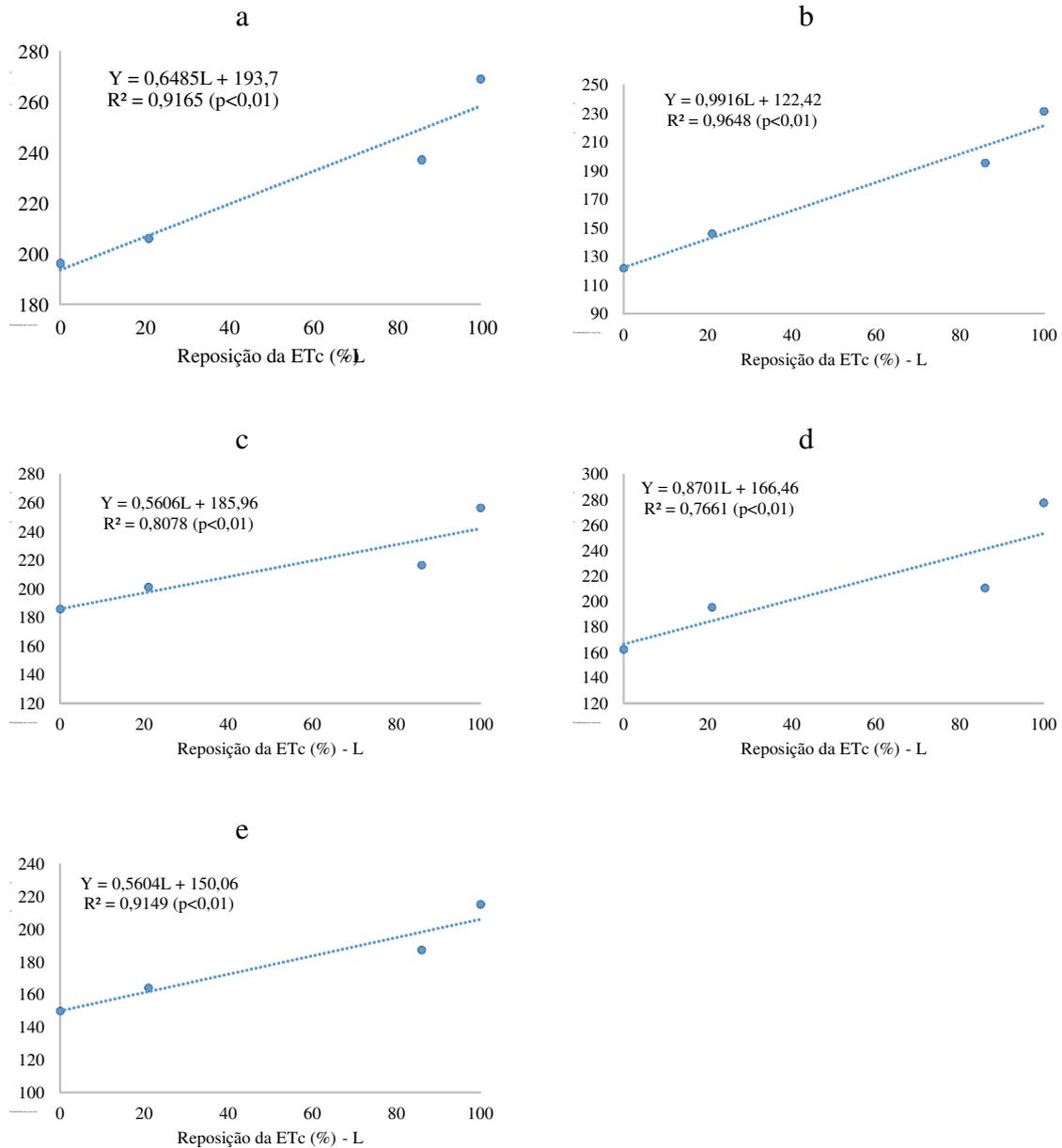
Estudo realizado por Gava et al. (2011), demonstra que a irrigação por gotejamento, elevou a produtividade média em 20% no ciclo da cana-planta e de 28%, no segundo ciclo. Dalri (2004), citado por Gava et al. (2011), em três ciclos de cultivo (cana-planta, 1ª e 2ª soca), cultivar RB72454, na região de Botucatu-SP, obteve uma produtividade média de 202 t ha<sup>-1</sup> utilizando irrigação por gotejamento e de 145 t ha<sup>-1</sup> para a cana não irrigada.

Com relação às variedades (Figura 36), a variedade CTC2 obteve a maior média de produtividade (227,26 t ha<sup>-1</sup>) superando em 29,3%, em média, as variedades RB835486 e RB855453 (que apresentaram, respectivamente, produtividades médias de 173,73 e 179,06 t ha<sup>-1</sup>).



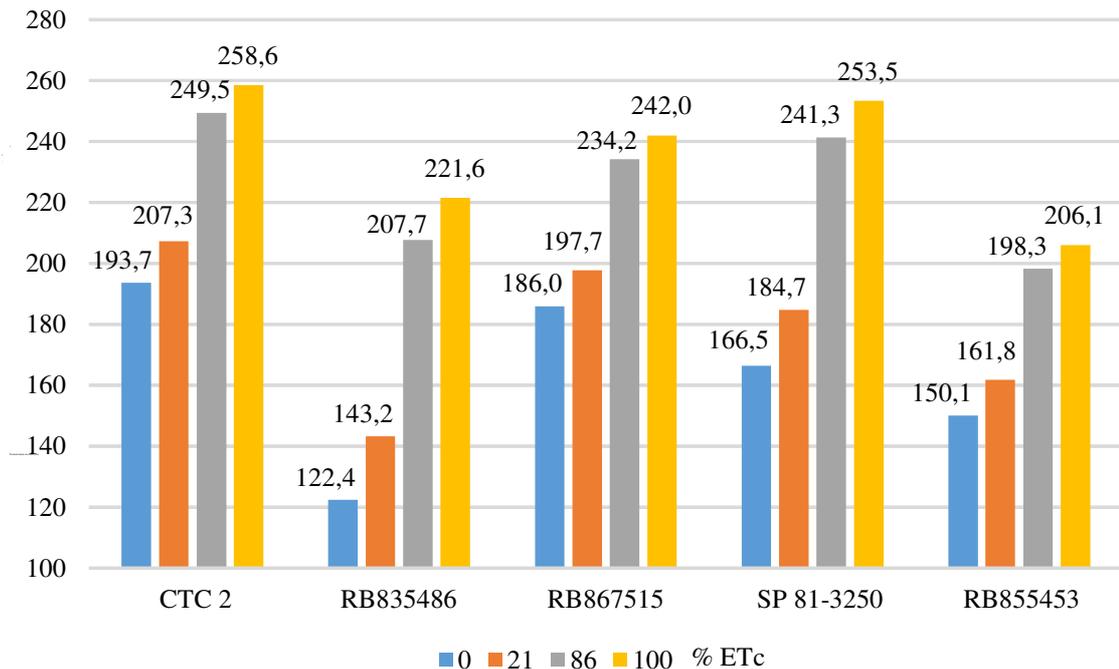
**Figura 36** Médias de produtividade das diferentes variedades de cana avaliadas.

O desdobramento dos níveis de reposição da ETc foi significativo dentro de todas as variedades estudadas, apresentando resposta linear (Figuras 37a, 37b, 37c, 37d e 38e) com maior produtividade proporcionada pela reposição de 100% da ETc.



**Figura 37** Resposta da produtividade de cana em função da reposição de água via irrigação para as variedades CTC2 (a), RB835486 (b), RB867515 (c), SP81-3250 (d) e RB855453 (e).

Na variedade CTC2, a reposição de 100% da ETc (produtividade ajustada de 258,6 t ha<sup>-1</sup>) proporcionou aumento de 33,5% em relação ao sequeiro (193,7 t ha<sup>-1</sup>) (Figura 38). As reposições de 86 e 21% da ETc proporcionaram, respectivamente, aumentos de 28,8 e 7,0% em relação ao sequeiro.



**Figura 38** Produtividades ajustadas de cana nos diferentes níveis de reposição da ETc, dentro das diferentes variedades estudadas.

Para a variedade RB8354856, as produtividades ajustadas foram de 122,4, 143,2, 207,7 e 221,6 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para o sequeiro e reposições de 21, 86 e 100% da ETc. As reposições de 100, 86 e 21% da ETc proporcionaram aumentos de 81,0, 69,7 e 17,0% em relação ao sequeiro.

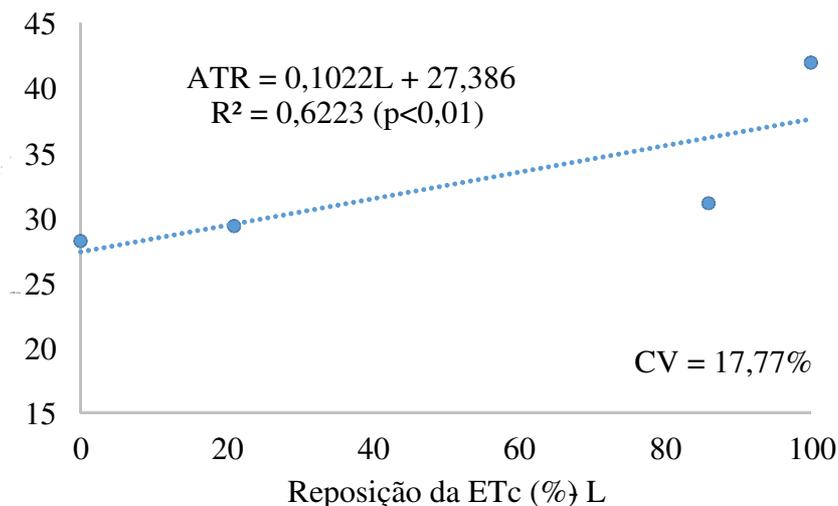
As produtividades ajustadas, na variedade RB867515, foram de 186,0, 197,7, 234,2 e 242,0 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para o sequeiro e 21, 86 e 100% da ETc. Os aumentos médios, neste caso, foram de 30,1, 25,9 e 6,29%, para as reposições de 100, 86 e 21% da ETc em relação ao sequeiro.

Na variedade SP81-3250, as produtividades ajustadas foram de 166,5, 184,7, 241,3 e 253,5 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para o sequeiro e 21, 86 e 100% da ETc, resultando em aumentos médios de 52,25, 44,92 e 10,93% nas reposições de 100, 86 e 21% da ETc em relação ao sequeiro.

Para a variedade RB855453, as produtividades foram de 150,1, 161,8, 198,3 e 206,1 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para o sequeiro e reposições de 21, 86 e 100% da ETc. As reposições de 100, 86 e 21% da ETc proporcionaram aumentos de 37,33, 32,13 e 11,7% em relação ao sequeiro.

#### 4.5 Tonelada de açúcar total recuperável por hectare (TATR<sub>H</sub>)

A resposta da produtividade de TATR<sub>H</sub> em função da reposição da ET<sub>c</sub> por irrigação foi significativa, ajustando-se ao modelo linear (Figura 39). Em média, a reposição de 100% da ET<sub>c</sub> por irrigação proporcionou produtividade ajustada de 37,6 t ha<sup>-1</sup> de ATR, ou seja, 37,3% a mais do que o sequeiro (27,4 t ha<sup>-1</sup>). As reposições de 21 e 86% da ET<sub>c</sub> proporcionaram produtividade de 29,5 e 36,2 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

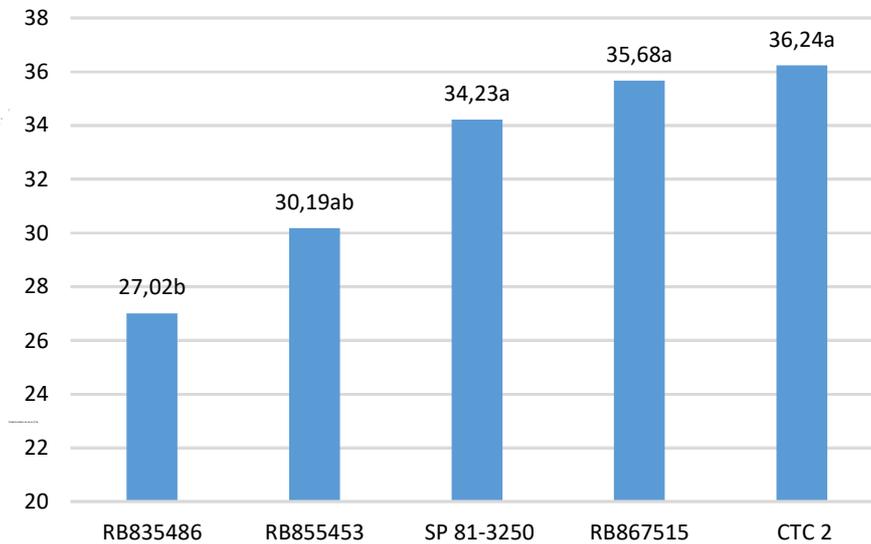


**Figura 39** Resposta da produtividade de açúcar total recuperável (ATR) em função da reposição de água via irrigação (L).

Segundo Gava et al. (2011), a produtividade de açúcar também foi acrescida em função da irrigação. A média de tonelada por hectare (TPH) dos três genótipos no manejo irrigado estudados foi de 17,5 e 23,6 t ha<sup>-1</sup> de açúcar para os primeiro e segundo ciclos, respectivamente. A média de TPH dos três genótipos no manejo de sequeiro foi de 14,8 e 17,8 t ha<sup>-1</sup> para os primeiro e segundo ciclos, respectivamente. Para os somatórios de produtividade de colmos e produtividade de açúcar observa-se um incremento na ordem de 24 e 23%, respectivamente para os manejos irrigados por gotejamento e de sequeiro.

Resultado similar foi obtido por Teodoro et al. (2012). Segundo os autores, o acúmulo de açúcares totais recuperáveis (ATR) teve maior influência com a aplicação de 100% de reposição hídrica, na qual obteve um acúmulo de 146,99. As aplicações que resultaram em menor influenciado acúmulo de ATR foram as lâminas de irrigação de 0% e 25%, com valores de 143,92% e 144,61%, respectivamente, na qual tiveram diferença quando comparada com a lâmina de 100% de reposição hídrica. Farias et al. (2008) constatou aumento no teor de açúcares recuperáveis, à medida que se aumentou a lâmina de irrigação.

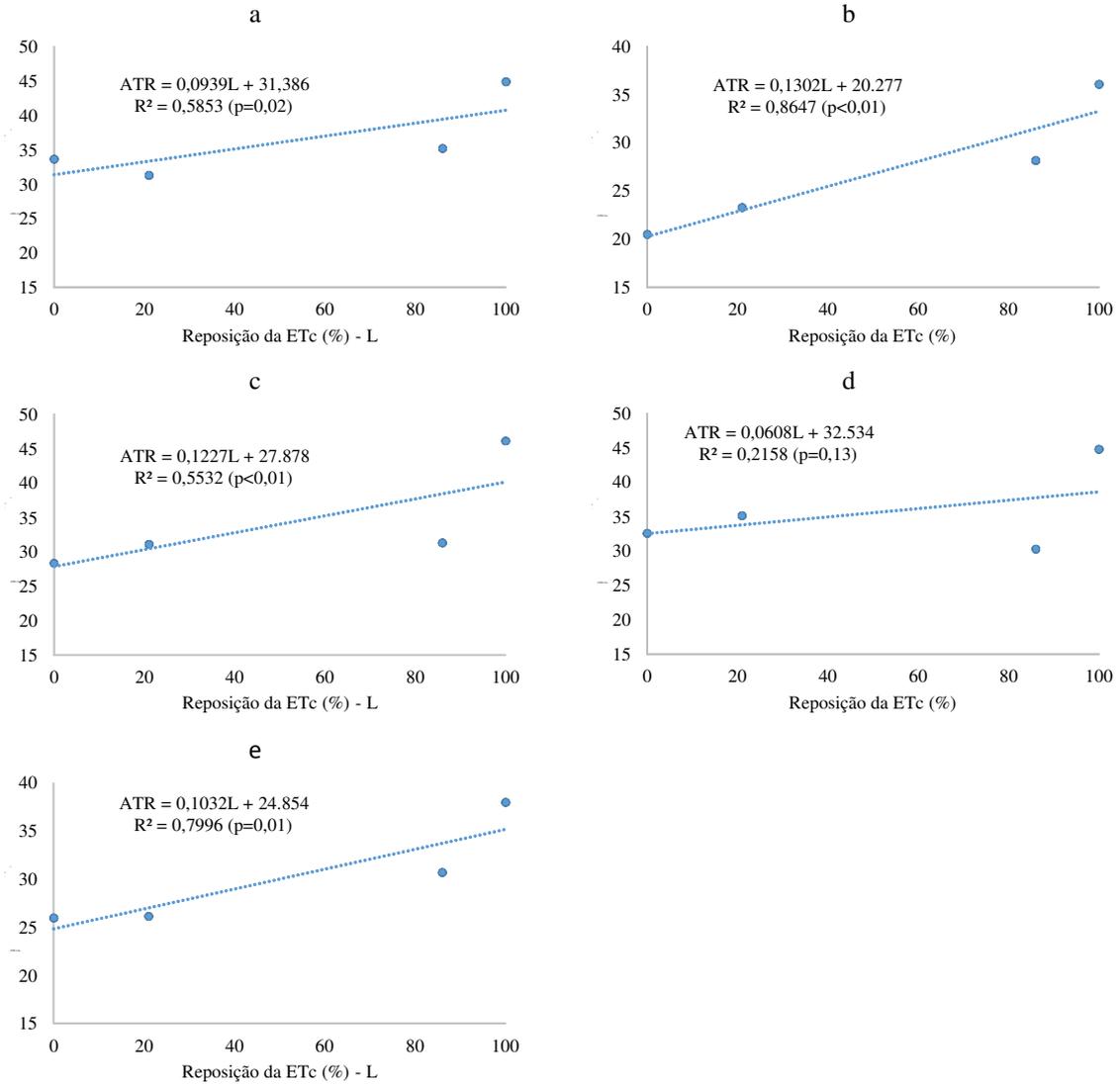
Nas variedades, a CTC2 foi a mais produtiva com 36,24 t ha<sup>-1</sup>, porém, não se diferenciando das variedades RB867515 e SP81-3250 (Figura 40). Em relação à RB835486, as variedades CTC2, RB867515 e SP81-3250 produziram em média 31,0% a mais de ATR.



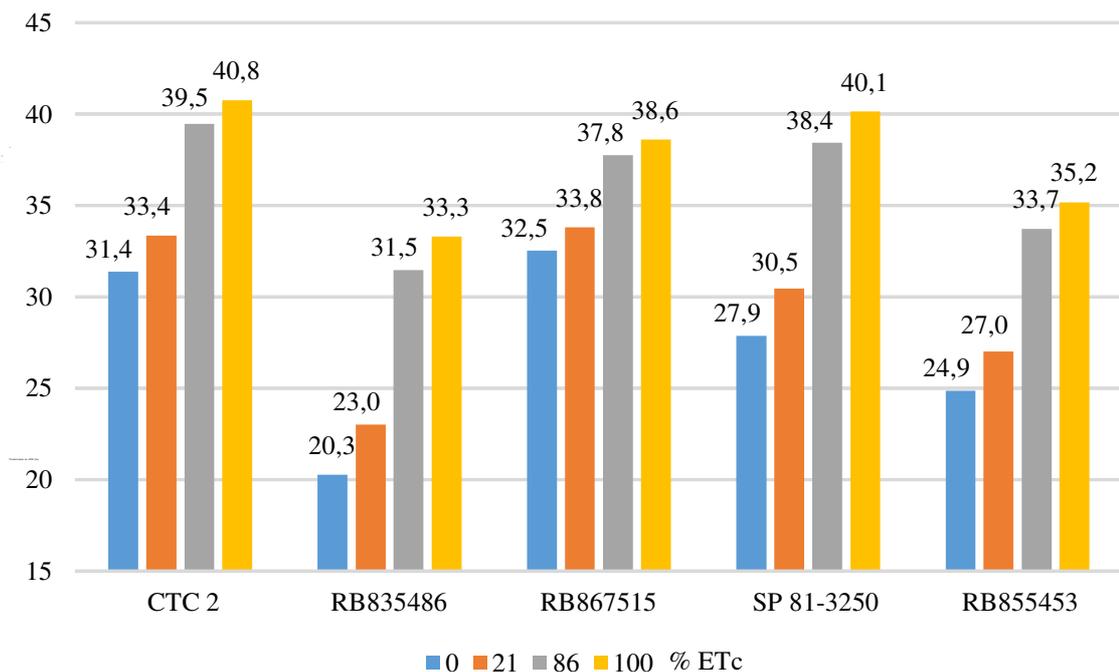
**Figura 40** Médias de produtividade de ATR nas diferentes variedades de cana avaliadas.

O desdobramento dos níveis de reposição da ETc, com exceção da SP81-3250 ( $p=0,13$ ), foi significativo dentro das variedades estudadas, apresentando resposta linear (Figura 41) com maior produtividade proporcionada pela reposição de 100% da ETc.

Na variedade CTC2, a reposição de 100% da ETc (produtividade de ATR ajustada de 40,8 t ha<sup>-1</sup>) proporcionou aumento de 29,9% em relação ao sequeiro (31,4 t ha<sup>-1</sup>) (Figura 42). As reposições de 21 e 86% da ETc proporcionaram, respectivamente, aumentos de 6,45 e 26,12% em relação ao sequeiro.



**Figura 41** Respostas da produtividade de ATR em função da reposição de água via irrigação para as variedades CTC2 (a), RB835486 (b), RB867515 (c), SP81-3250 (d) e RB855453 (e).



**Figura 42** Produtividades ajustadas de ATR nos diferentes níveis de reposição da ETc, dentro das diferentes variedades estudadas.

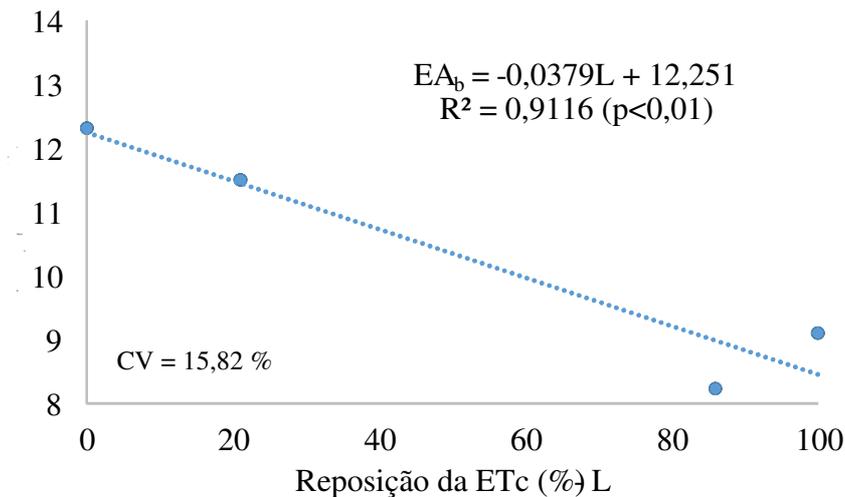
Na variedade RB835486, a reposição de 100% da ETc (produtividade de ATR ajustada de 33,3 t ha<sup>-1</sup>) proporcionou aumento de 64,2% em relação ao sequeiro (20,3 t ha<sup>-1</sup>). As reposições de 21 e 86% da ETc proporcionaram, respectivamente, aumentos de 13,5 e 56,0% em relação ao sequeiro.

Dentro da variedade SP81-3250, a reposição de 100% da ETc (produtividade de ATR ajustada de 40,1 t ha<sup>-1</sup>) proporcionou aumento de 44,0% em relação ao sequeiro (27,9 t ha<sup>-1</sup>). As reposições de 21 e 86% da ETc proporcionaram, respectivamente, aumentos de 9,6 e 38,9% em relação ao sequeiro.

Já para a variedade RB855453, o tratamento de 100% da ETc reposta (produtividade de ATR ajustada de 35,2 t ha<sup>-1</sup>) proporcionou aumento de 41,5% em relação ao sequeiro (24,9 t ha<sup>-1</sup>). As reposições de 21 e 86% da ETc proporcionaram, respectivamente, aumentos de 8,8 e 36,7% em relação ao sequeiro.

#### 4.6 Eficiência do uso da água em biomassa

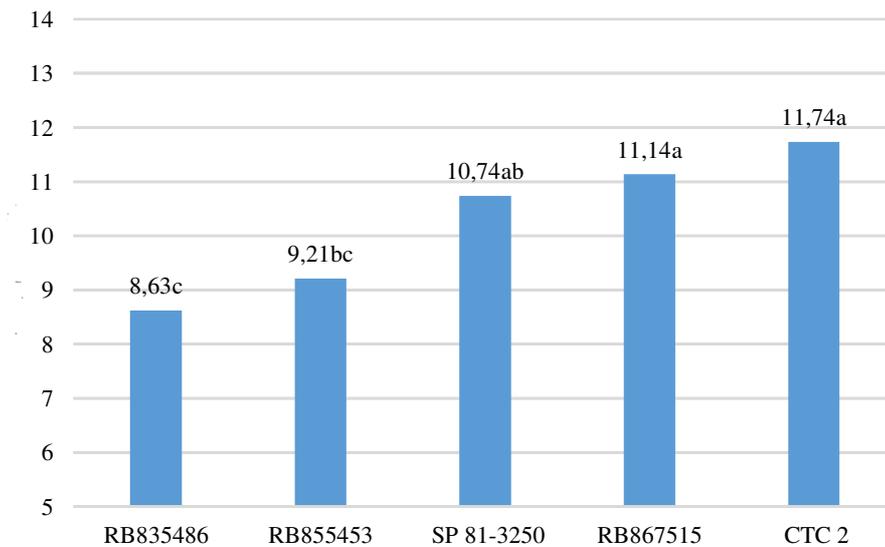
A resposta da eficiência do uso da água em biomassa (EA<sub>b</sub>) foi linear inversa (Figura 43), sendo que a reposição de 100% da ETc (EA<sub>b</sub> = 8,46 kg m<sup>-3</sup>) apresentou 30,9% a menos do que o sequeiro (12,25 kg m<sup>-3</sup>).



**Figura 43** Resposta da eficiência do uso da água em biomassa ( $EA_b$ ) em função da reposição de água via irrigação (L).

Silva et al. (2011) em seu trabalho sobre demanda hídrica e eficiência do uso de água da cana-de-açúcar irrigada, verificou que a lâmina total de água que entrou no sistema de produção por precipitação e irrigação (P + I) foi superior a  $ET_c$ , totalizando 3073 e 1710 mm, respectivamente. Do volume de P + I (3073 mm), 2525 mm, ou seja, 82,2%, foram oriundos da irrigação e apenas 523 mm, isto é, 17,8%, resultantes da precipitação (P), sendo que a maior parte desse valor ocorreu durante a Fase III (crescimento máximo). Constataram ainda, que durante o ciclo, a  $ET_c$  acumulada foi ligeiramente inferior a  $ET_m$ , que totalizou valores iguais a 1860 mm; finalmente, a demanda atmosférica local, em termos de evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ), foi de 1743 mm.

Com relação às variedades (Figura 44), a variedade CTC2 obteve a maior média de eficiência ( $EA_b = 11,74 \text{ kgm}^{-3}$ ), superando em 5,1, 8,5, 21,5 e 26,5%, respectivamente, as variedades RB867515, SP81-3250, RB855453 e RB835486 (que apresentaram média de  $EA_b$  de 11,14, 10,74, 9,21 e  $8,63 \text{ kgm}^{-3}$ ).



**Figura 44** Médias de eficiência do uso da água em biomassa (EA<sub>b</sub>) nas diferentes variedades de cana avaliadas.

O desdobramento dos níveis de reposição da ETc foi significativo dentro de todas as variedades estudadas, apresentando resposta linear (Figura 45) com menor eficiência proporcionada pela reposição de 100% da ETc.

Na variedade CTC2, com reposição de 0% da ETc (em condição de sequeiro), a eficiência ajustada do uso da água em biomassa (EA<sub>b</sub> = 14,4 kg m<sup>-3</sup>) apresentou 57,0% a mais em relação à reposição de 100% (9,2 kg m<sup>-3</sup>) (Figura 46). As reposições de 86 e 21% da ETc proporcionaram, respectivamente, aumentos de 8,0 e 45,0% em relação a reposição de 100%.

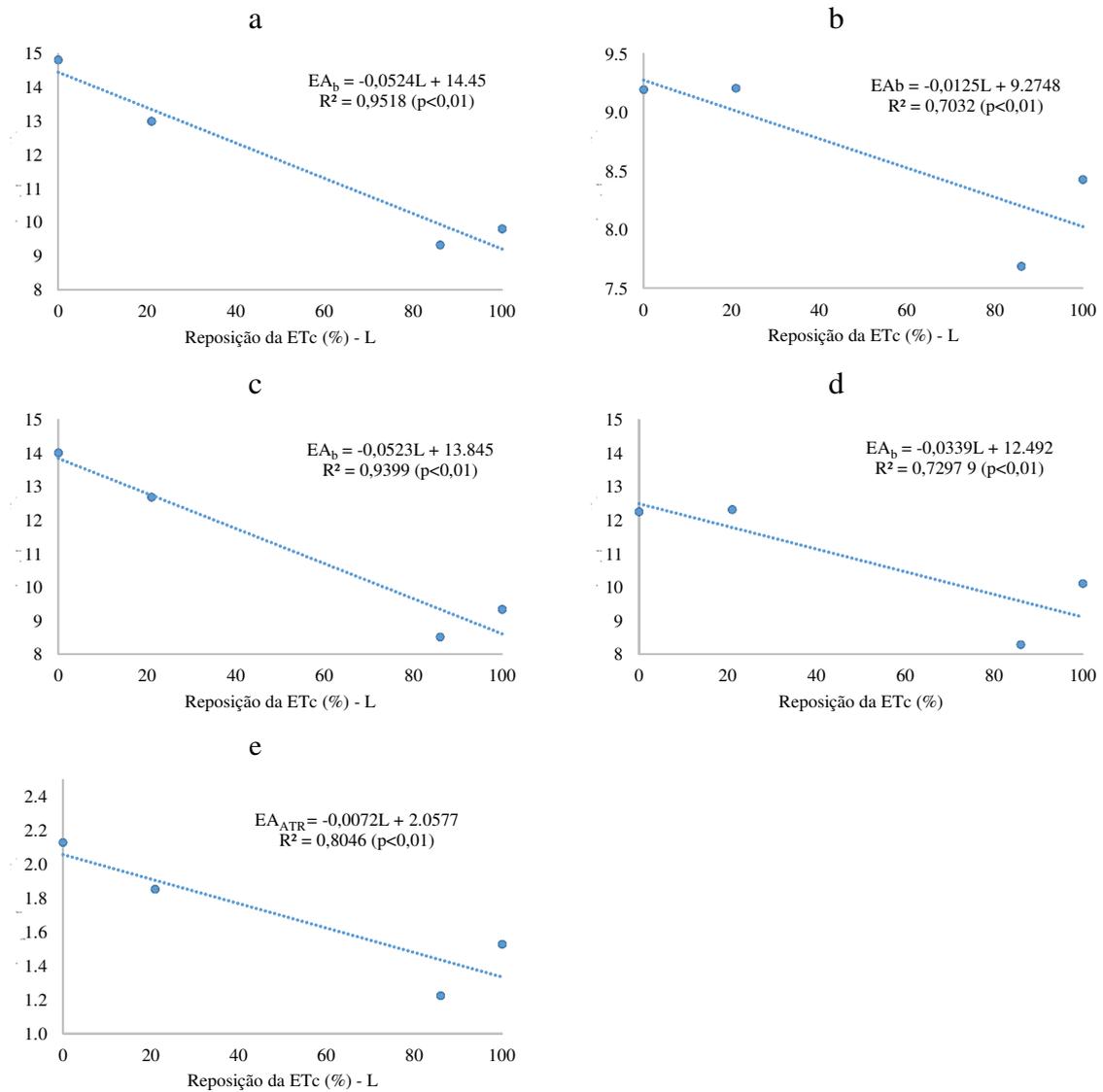
Para a variedade RB835486, embora não significativa, obteve na reposição de 0% da ETc (condição de sequeiro) uma EA<sub>b</sub> de 9,3 kg m<sup>-3</sup>, correspondendo a 15,6% a mais do que a reposição de 100% (8,0 kg m<sup>-3</sup>). As reposições de 86 e 21% da ETc apresentaram, respectivamente, 2,2 e 12,3% a mais em relação à reposição de 100%.

Na variedade RB867515, a reposição de 0% da ETc (em condição de sequeiro) resultou em uma EA<sub>b</sub> de 13,8 kg m<sup>-3</sup>, que corresponde a 60,8% maior do que na reposição de 100% (8,6 kg m<sup>-3</sup>). As reposições de 86 e 21% da ETc apresentaram eficiências de 8,5 e 48,0% a mais do que a reposição de 100%.

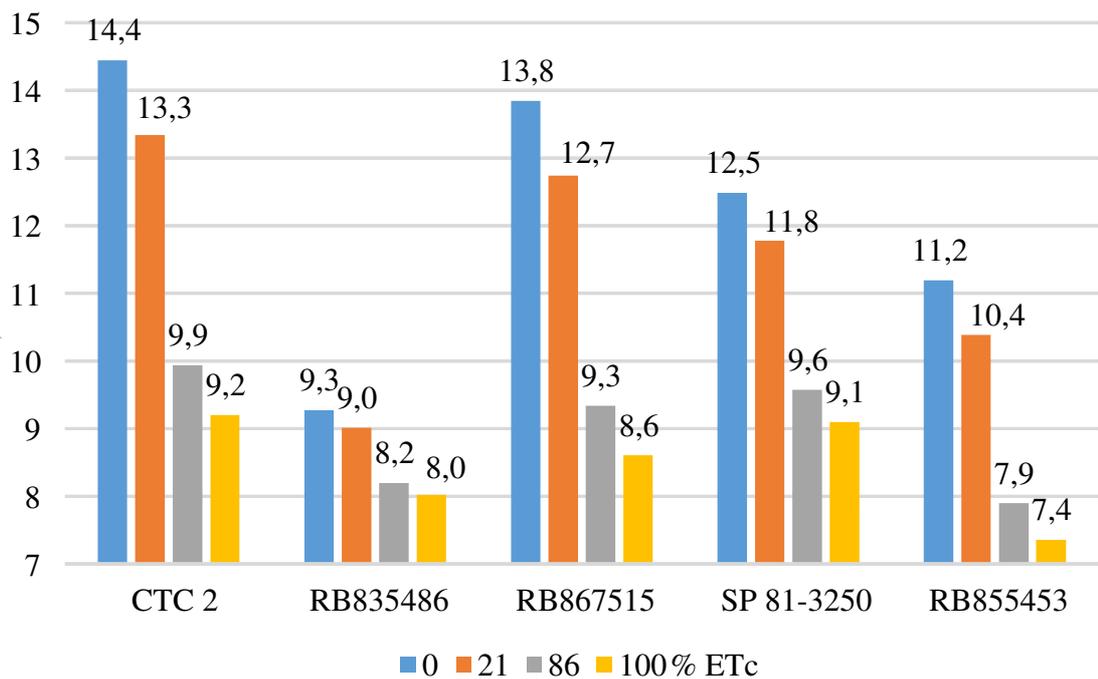
Com relação à variedade SP81-3250 na reposição de 0% da ETc (condição de sequeiro), a EA<sub>b</sub> foi de 12,5 kg m<sup>-3</sup>, sendo 37,2% maior do que na reposição de 100% (9,1 kg m<sup>-3</sup>). Nas reposições de 86 e 21% da ETc, as eficiências foram 5,2 e 29,4% maiores do que na reposição de 100%.

Já na variedade RB855453, com a reposição de 0% da ETc (condição de sequeiro), a (EA<sub>b</sub>) resultou em 11,2 kg m<sup>-3</sup>, sendo 52,1% maior que na reposição de 100% (7,4 kg m<sup>-3</sup>). As

reposições de 86 e 21% da ETc proporcionaram, respectivamente, aumentos de 7,3 e 41,1% em relação a reposição de 100%.



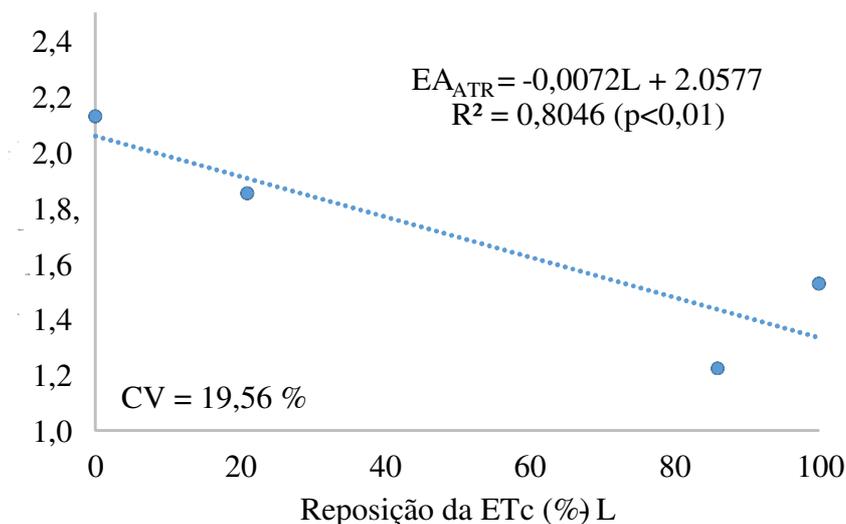
**Figura 45** Respostas da eficiência do uso da água em biomassa ( $EA_b$ ) em função da reposição de água via irrigação para as variedades CTC2 (a), RB835486 (b), RB867515 (c), SP81-3250 (d) e RB855453 (e).



**Figura 46** Médias ajustadas de eficiência do uso da água em biomassa de cana (EA<sub>b</sub>) nos diferentes níveis de reposição da ET<sub>c</sub>, dentro das variedades estudadas.

#### 4.7 Eficiência do uso da água em açúcar recuperável total

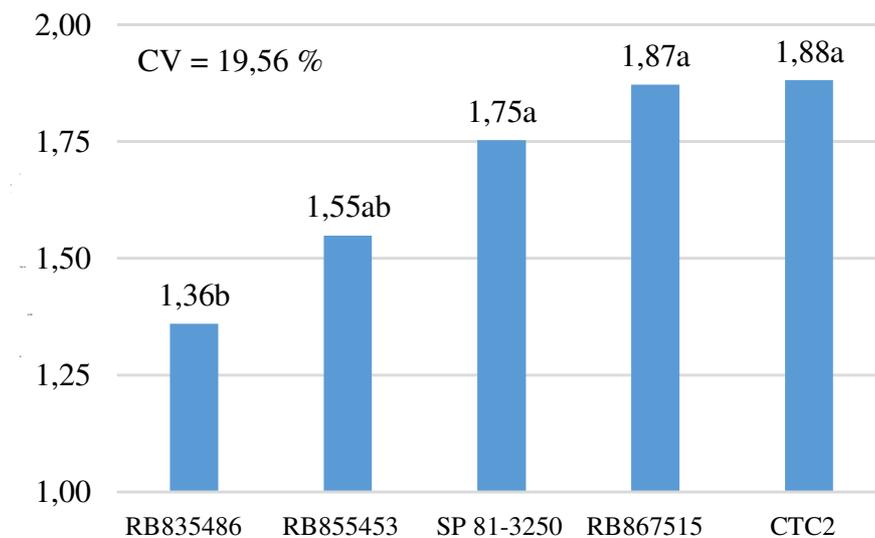
A resposta da eficiência do uso da água em açúcares recuperáveis totais (EA<sub>ATR</sub>) em função das reposições da ET<sub>c</sub> foi linear inversa (Figura 47), com uma redução média de 54,0% na irrigação com 100% da ET<sub>c</sub> (1,3 kg m<sup>-3</sup>) em comparação ao sequeiro (2,1 kg m<sup>-3</sup>).



**Figura 47** Resposta da eficiência do uso da água em açúcares totais recuperáveis (EA<sub>ATR</sub>) em função da reposição de água via irrigação (L).

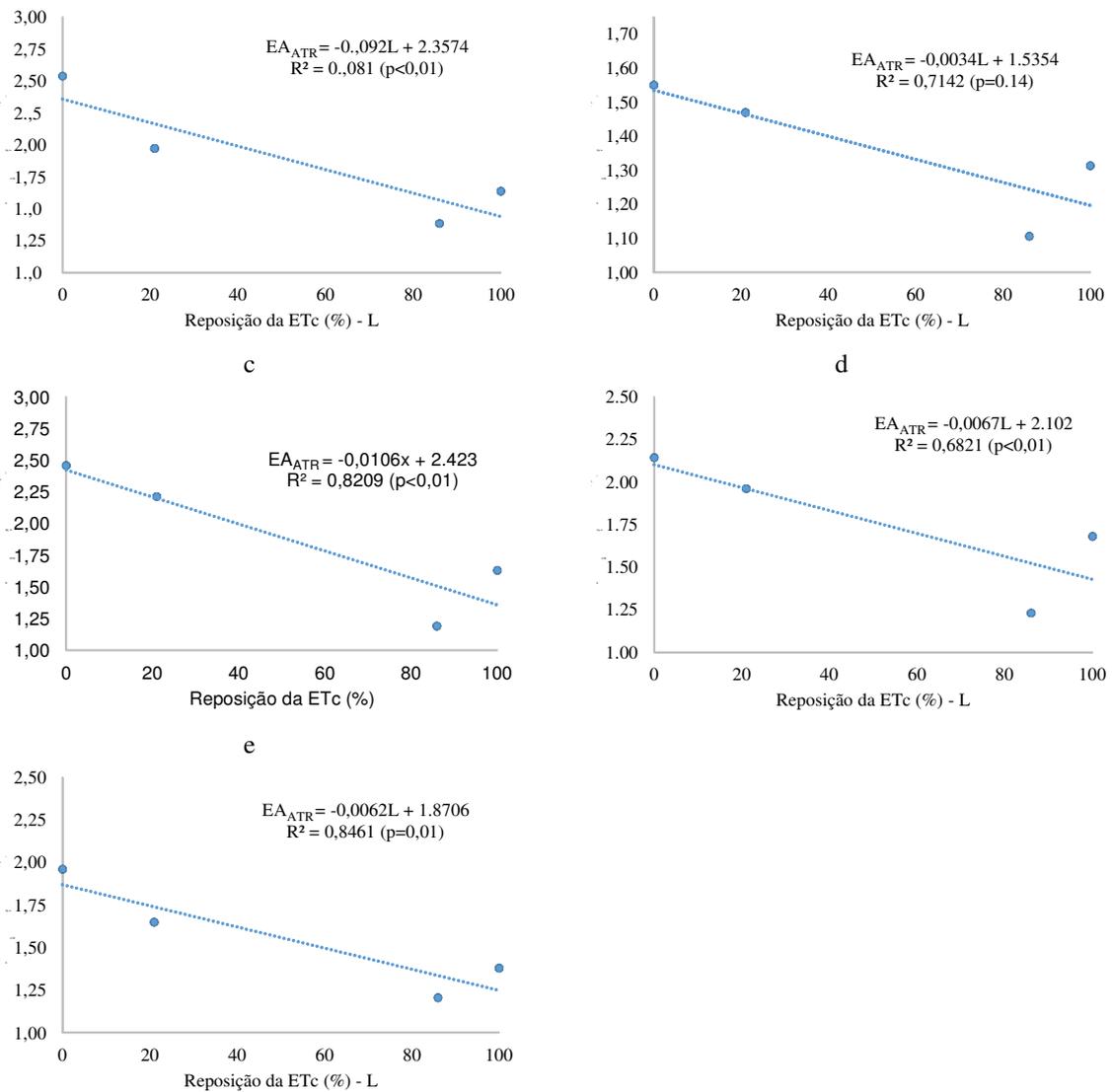
Estudo realizado por Oliveira et al. (2011), para eficiência de utilização da água em produtividade de açúcar, constatou diferença entre os sistemas de produção, com ganhos de  $18 \text{ Mg ha}^{-1}$ , sob irrigação plena. Entre as variedades, a RB943365 e a RB92579 apresentaram incrementos de 215%, em comparação às condições de sequeiro. O menor incremento foi observado para a variedade RB813804, enquanto as demais variedades obtiveram ganhos médios de 140%. O aumento na produtividade de açúcar com o uso da irrigação também foi observado em outros estudos que avaliaram o efeito de diferentes lâminas de irrigação, em comparação ao cultivo de sequeiro (Wiedefeld, 2000; Moura et al., 2005; Dantas Neto et al., 2006; Carvalho et al., 2009, citados por Oliveira et al., 2011).

Com relação às variedades (Figura 48), a CTC2 obteve a maior média de eficiência do uso da água em açúcares totais recuperáveis em biomassa ( $EA_{ATR} = 1,88 \text{ kgm}^{-3}$ ) superando em 0,7, 9,4, 24,4 e 38,4%, respectivamente, as variedades RB867515, SP81-3250, RB855453 e RB835486 (que apresentaram médias de  $EA_{ATR}$  iguais a 1,87, 1,75, 1,55 e  $1,36 \text{ kgm}^{-3}$ ).



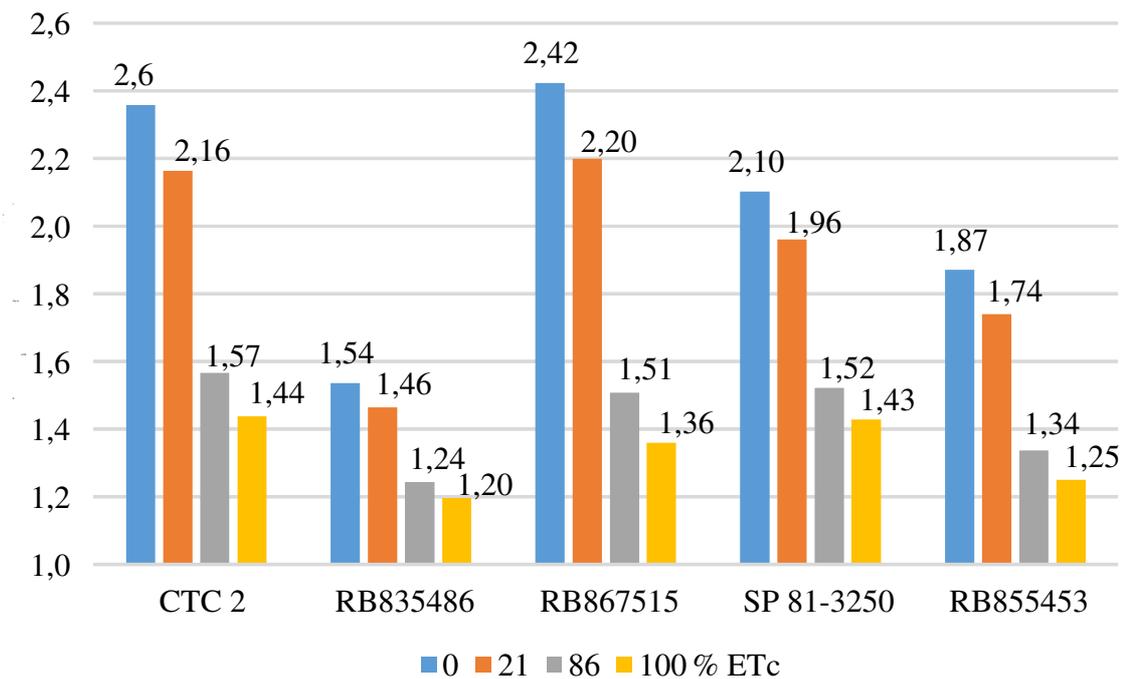
**Figura 48** Médias de eficiência do uso da água em açúcares totais recuperáveis ( $EA_{ATR}$ ) nas diferentes variedades de cana avaliadas.

Com relação ao desdobramento dos níveis de reposição da  $ET_c$  dentro das variedades, com exceção da variedade RB835486 ( $p=0,14$ ), as demais apresentaram significância da reposta linear inversa (Figura 49).



**Figura 49** Resposta da eficiência do uso da água em açúcares totais recuperáveis (EA<sub>ATR</sub>) em função da reposição de água via irrigação para as variedades CTC2 (a), RB835486 (b), RB867515 (c), SP81-3250 (d) e RB855453 (e).

Na variedade CTC2, com reposição de 0% da ETc (condição de sequeiro), a EA<sub>ATR</sub> ajustada foi de 2,36 kgm<sup>-3</sup>, que corresponde a 63,9% a mais do que na reposição de 100% (1,44kgm<sup>-3</sup>) (Figura 50). Nas reposições de 86 e 21% da ETc, foram observadas, respectivamente, EA<sub>ATR</sub> de 9,0 e 50,5% maiores que na reposição de 100%.



**Figura 50** Produtividades ajustadas de eficiência do uso da água em açúcares totais recuperáveis ( $EA_{ATR}$ ) de cana nas diferentes variedades estudadas.

Para a variedade RB835486, embora não se tenha observado significância estatística, na condição de sequeiro (0% da ETc) foi observada uma  $EA_{ATR}$  ajustada de 1,54 kgm<sup>-3</sup>, sendo 28,3% maior que na reposição de 100% (1,20 kgm<sup>-3</sup>). Nas reposições de 86 e 21% da ETc, as  $EA_{ATR}$  foram 4,0 e 22,4% maiores que na reposição de 100%.

A variedade RB867515, com reposição de 0% da ETc (condição de sequeiro), foi a que apresentou maior  $EA_{ATR}$  ajustada, sendo de 2,42 kgm<sup>-3</sup>, que corresponde a 78,3% a mais que a observada na reposição de 100% (1,36 kgm<sup>-3</sup>). Nas reposições de 86 e 21% da ETc, as  $EA_{ATR}$  observadas foram de 11,0 e 61,8% maiores em relação à reposição de 100%.

Com relação à variedade SP81-3250, na condição de sequeiro, a  $EA_{ATR}$  ajustada foi de 2,10 kgm<sup>-3</sup>, correspondendo a 47,2% a mais do que na reposição de 100% (1,43 kgm<sup>-3</sup>). Nas reposições de 86 e 21% da ETc, foram observadas  $EA_{ATR}$  de 6,6 e 37,3% maiores em relação à reposição de 100%.

Já na variedade RB855453, em condição de sequeiro, a  $EA_{ATR}$  foi de 1,87 kgm<sup>-3</sup>, proporcionando 49,7% a mais do que na reposição de 100% (1,25 kgm<sup>-3</sup>). Ainda nas reposições de 86 e 21% da ETc, foram obtidas  $EA_{ATR}$  de 7,0 e 39,3% maiores em relação à reposição de 100%.

## 5 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados, pode-se concluir que a irrigação com a reposição de 100% da ET<sub>c</sub> em cana-planta foi a melhor lâmina para a maximização do desenvolvimento da planta, independentemente da variedade considerada. Esta reposição de água via irrigação por aspersão promoveu incrementos médios variando de 13 a 16% no perfilhamento e de 12 a 29% na altura de plantas, a partir dos 120 dias do plantio e de 15 a 25% no diâmetro de colmos a partir dos 150 dias.

A reposição de 100% da ET<sub>c</sub> proporcionou o aumento da produtividade de biomassa de cana em todas as variedades estudadas, variando de 30,1 a 81,0%, e na produtividade de açúcares totais recuperáveis (ATR), variando de 29,9 a 64,2%. Na variedade RB867515, o uso da irrigação não influenciou significativamente os resultados.

A eficiência do uso da água em biomassa e em açúcares totais recuperáveis foi maior no sequeiro (média de 12,3 kg m<sup>-3</sup>) e reduziu à medida que se aumentou a reposição de água até 100% da ET<sub>c</sub> (média de 8,5 kg m<sup>-3</sup>).

Em cana-planta a variedade de melhor desempenho dentre as variáveis analisadas, com e sem a irrigação, foi a CTC2, sendo promissora para o plantio no Noroeste Paulista. Entretanto, um número maior de cortes e estudos em outros ambientes de produção devem ser realizados para a confirmação dos resultados obtidos neste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- AGEITEC – Agência Embrapa de Informação Tecnológica. **Variedades**. AGEITEC, 2008. Disponível em: <[www.agencia.cnptia.embrapa.br/.../cana-de-acucar](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/.../cana-de-acucar)>. Acesso em: ago. 2014.
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Roma: FAO, 1998. 300p.
- ANA - Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**. ANA, 2012. Disponível em:<[http://forumirrigacao.blogspot.com.br/2013\\_09\\_01\\_archive.html#.UI2V7dKkp4M](http://forumirrigacao.blogspot.com.br/2013_09_01_archive.html#.UI2V7dKkp4M)>. Acesso em: ago. 2013.
- ARANTES, M. T. **Potencial produtivo de cultivares de cana-de-açúcar sob os manejos irrigado e sequeiro**. 2012. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - UNESP, Botucatu, 2012.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 7. ed. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 2005. 611p.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa, MG: UFV, 2008. 625 p.
- BEAUCLAIR, E. G. F. **Conceitos gerais em cana-de-açúcar**. Ribeirão Preto, SP: ESALQ/USP, 2011.
- CHERUBIN, N. **Irrigação**: uma saída para a estiagem. RPA News, v. 160, p. 34-38, 2014.
- CANAVIALIS. Conheça as variedades de cana-de-açúcar. 2006. Disponível em: <http://www.canavialis.com.br/>. Acesso em: ago. 2014.
- CONAB-Companhia Nacional de Abastecimento. Primeiro levantamento/2011.. Disponível em:<<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: set. 2013.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Segundo levantamento agosto/2013. Cana-de-açúcar. Disponível em:<[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_08\\_08\\_09\\_39\\_29\\_boletim\\_cana\\_portugues\\_-\\_abril\\_2013\\_1o\\_lev.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_08_08_09_39_29_boletim_cana_portugues_-_abril_2013_1o_lev.pdf)>. Acesso em: out. 2013.
- CRISPIM, J.E.; A. **Cana-de-açúcar em Santa Catarina**. Urussanga, 2006b.
- CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Irrigação. 2009. Disponível:<<http://www.cgee.org.br/>>. Acesso em: ago. 2014.
- CTC – Centro de Tecnologia Canavieira. Censo Varietal 2012. Disponível em: <[http://www.ctcanavieira.com.br/downloads/CTC\\_Censo2012-13baixa.pdf](http://www.ctcanavieira.com.br/downloads/CTC_Censo2012-13baixa.pdf)>. Acesso em: ago. 2014.

DANTAS NETO, J.; FIGUEIREDO, J. L. C.; FARIAS, C. H. A.; AZEVEDO, H. M.; AZEVEDO, C. A. B. Resposta da cana-de-açúcar, primeira soca, a níveis de adubação de cobertura. **Revista Agrônômica de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 283–288, 2006.

DOOREMBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas, estudos FAO irrigação e drenagem**. Série n.33, p. 42-53, 1979.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Plantio de cana-de-açúcar**. 2005. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_33\\_711200516717.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_33_711200516717.html)>. Acesso em: nov, 2013.

\_\_\_\_\_. **Variedades de cana-de-açúcar**. 2007. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_42\\_1110200717570.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_42_1110200717570.html)>. Acesso em: out. 2013.

FARIAS, C. H. A.; FERNANDES, P. D.; AZEVEDO, H. M.; DANTAS NETO, J. 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.

FIGUEIREDO, P.; LANDELL, M. G. A.; CAMPANA, M. P. **Cana-de-açúcar**. (compactdisc). 6. ed. Campinas, SP : IAC, 1995. (IAC. Boletim 200).

FRIZZONE, J. A. **Irrigação localizada**. Ribeirão Preto: ESALQ/USP, 2014.

GASCHO, G. J.; SHIH, S. F. Sugarcane. In: TEARE, I. D.; PEET, M. M. (eds.). **Crop-water relations**. New York, NY: Wiley-Interscience, 1983. p. 445-479. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_68\\_22122006154840.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_68_22122006154840.html)>. Acesso em: ago. 2014.

GAVA, G. J. DE C.; SILVA, M. A.; SILVA, R. C.; JERONIMO, E. M.; CRUZ, J. C. S.; KOLLN, O. T., Produtividade de três cultivares de cana-de-açúcar sob manejos de sequeiro e irrigado por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 3, p.250–255, 2011.

GONÇALVES, E. R. **Fotossíntese, osmorregulação e crescimento inicial de quatro variedades de cana-de-açúcar submetidas á deficiência hídrica**. 2008. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal)-Universidade Federal do Alagoas, AL, Rio Largo, 2008.

IBGE. 2006. Levantamento sistemático da produção agrícola. indicadores agropecuários: produção agrícola. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: ago. 2013.

IBGE. 2013. Estatística da Produção Agrícola. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/estProdAgr\\_201309.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/estProdAgr_201309.pdf)>. Acesso em: ago. 2013.

IDEA News. 200. **Características agrônômicas de SP**, ano 5, n. 41.Fev./2004. Disponível em; <[www.ideaonline.com.br](http://www.ideaonline.com.br)>. Acesso em: ago. 2014.

\_\_\_\_\_. **Características Agrônômicas de RB**,ano 5, n. 41. Fev./2004. Disponível em: <[www.ideaonline.com.br](http://www.ideaonline.com.br)>. Acesso em: ago. 2014.

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

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **CANASAT**: Monitoramento da cana-de-açúcar via imagens de satélite. São José dos Campos, SP: INPE. 2012. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat/>>. Acesso em: out. 2013.

IRRIGA – Situação da Agricultura Irrigada no Brasil de acordo com o Censo Agropecuário 2006. Botucatu, v. 16, n. 2, p. 163-176, abril-junho, 2011.

IRRIGER – Gerenciamento e Engenharia de Irrigação. Irrigação. 2013. Disponível: <http://irriger.com.br/pt-BR/noticias>. Acesso em: ago. 2014.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RiMa, 2000. 531p.

LIMA, F. B. de; VANZELA, L. S.; MARINHO, M. A.; SANTOS, G. O. **Balanco hídrico climatológico normal ponderado para o município de Fernandópolis - SP**. In: XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, Belo Horizonte, MG, 2009.

MANTOVANI, E. C.; SALASSIER, B.; PALARETTI, L. F. **Irrigação**: princípios e métodos. Viçosa : UFV, 2006. 318p.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Cana-de-açúcar. 2013. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cana-de-acucar>>. Acesso em: out. 2013.

MOREIRA, H. M. Viabilidade do uso da Irrigação na cultura de cana-de-açúcar. 2011. Disponível em: <http://blog.valmont.com.br/noticias/2011/09/29/viabilidade-do-uso-da-irrigacao-na-cultura-da-cana-de-acucar/>. Acesso em: ago. 2014.

NEGRINI, E. J. Cana – botânica e morfologia. 2012. Disponível em: <<https://html2-f.scribdassets.com/26819e8urk1llzho/images/1-9a92b163e3.jpg>>. Acesso em: set. 2014.

NOVACANA - Melhoramento Genético da cana e biotecnologia. 2013. Disponível em: <http://www.novacana.com/cana/melhoramento-genetico-da-cana-biotecnologia/>. Acesso em: set. 2014.

OLIVEIRA, E. C. A.; FREIRA, F. J.; OLIVEIRA, A. C.; SIMÕES NETO, D. E.; ROCHA, A. T DA.; CARVALHO, L. A. Produtividade, eficiência de uso da água e qualidade tecnológica de cana-de-açúcar submetida a diferentes regimes hídricos. 2011. Pesq. agropec. bras. vol.46, no.6, Brasília, 2011.

PATROCINIO, V. G.; VANZELA, L. S.; TEZZIN, K. V. M.; SILVA, M. R. R. da. **Influência da irrigação e cobertura de palhada do solo sobre a produtividade de forragem de milho na região Noroeste do Estado de São Paulo.** In: III ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E I ENCONTRO DE PESQUISADORES DA UNICASTELO, 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Unicastelo, 2009. v. 3, p. 34-34.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas.** Guaíba : Agropecuária, 2002. 478p.

PERES, F.C. **Determinação dos coeficientes de cultura (Kc) da cana-de-açúcar: ciclo de cana soca.** 1988. 94 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 1988.

RESENDE, R. S.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de. **Cana-de-açúcar: irrigação.** Brasília: EMBRAPA, 2007.

RIDESA – REDE INTERUNIVERSITÁRIA PARA O DESENVOLVIMENTO DO SETOR SUCROENERGÉTICO. **Cana-de-açúcar: Variedades.** 2012. Disponível em: <http://www.ridesa.agro.ufg.br/pages/38084-melhoramento-genetico>. Acesso em: set. 2014.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C.; CASAGRANDE, D. V.; IDE, B. Y. **Plantio de cana-de-açúcar: estado da arte.** Piracicaba, SP : Esalq/USP, 2006. 216p.

RODRIGUES, J.D. **Fisiologia da cana-de-açúcar.** Botucatu: UNESP, 1995. 100p. (Apostila).

SEDIYAMA, G. C., LEAL, B. G., RIBEIRO, A., 1998: **Relações clima-água-plantas.** In: Manejo de Irrigação. Lavras, Suprema Gráfica e Editora, 1998. 368p

SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NOBREGA, J. C. M. **Atualização em produção de cana-de-açúcar.** Piracicaba : Esalq/USP, 2006. 415p.

SILVA, T. G. F.; MOURA, M. S. B.; ZOLNIER, S.; SOARES, J. M.; VIEIRA, V. J. DE S.; GOMES JR, W. F. Demanda hídrica e eficiência do uso de água da cana-de-açúcar irrigada no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 12, p.1257–1265, 2011.

SILVEIRA, L. C. I. da; BARBOSA, M. H. P.; OLIVEIRA, M. W. de. Manejo de variedades de cana-de-açúcar predominantes nas principais regiões produtoras de cachaça de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 217, p. 25-32, 2002.

SOUZA, J. K. C.; SILVA, S.; NETO, J. D.; SILVA, M. B. R.; TEODORO, I. Importância da irrigação para a produtividade de cana-de-açúcar no nordeste do Brasil. **Revista Educação Agrícola Superior**- Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior – ABEAS, v.27, n.2, p.133-140, 2012. ISSN - 0101-756X - DOI: <http://dx.doi.org/10.12722/0101-756X.v27n02a10>.

SUGARCANE. 2007. Cana-de-açúcar. Disponível em: <<http://www.sugarcane.crops.com/p>>. Acesso em: jun.2008.

TEODORO, J. P. R.; TEIXEIRA, M. B.; OLIVEIRA, R. C.; CUNHA, F. N.; SILVA, N. F.; SOARES, F. A. L. **Produtividade da cana-de-açúcar irrigada por gotejamento subsuperficial**. In: I CONGRESSO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO DO CAMPUS RIO VERDE DO IFGOIANO, Rio Verde, GO, 2012.

UNICA – UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Relatório final da safra 2011/2012**: Região Centro-Sul. São Paulo: ÚNICA, 2012. 28p.

VIEIRA, G. H. S.; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C.; COSTA, E. L.; DELAZARI, F. T. Produtividade de colmos e rendimento de açúcares da cana-de-açúcar em função de lâminas de água. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 2, p. 234–244, 2012.

WIEDENFELD, R. P. Water stress during different sugarcane growth periods on yield and response to N fertilizer. **Agricultural Water Management**, Elsevier, v.43 p.173-182, 2000.