



**NATALIA FLÓREZ TUTA**

**DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-  
AÇÚCAR NO CICLO DA CANA-PLANTA COM APLICAÇÃO  
DE EFLUENTE DE ESGOTO TRATADO VIA  
GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL**

**CAMPINAS  
2013**





UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

NATALIA FLÓREZ TUTA

**DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-  
AÇÚCAR NO CICLO DA CANA-PLANTA COM APLICAÇÃO  
DE EFLUENTE DE ESGOTO TRATADO VIA  
GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL**

**Orientador: Prof. Dr. Edson Eiji Matsura**

**Co-orientadora: Dra. Regina Célia de Mattos de Pires**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Errata - Onde se lê: "...título de Mestre em Engenharia Agrícola."

Leia-se: "...título de Mestra em Engenharia Agrícola, na  
área de concentração de Água e Solo."

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA  
DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELA ALUNA NATALIA FLÓREZ TUTA  
E ORIENTADA PELO PROF. DR. EDSON EIJI MATSURA

Assinatura do Orientador

Prof. Dr. ZIGOMAR MENEZES DE SOUZA  
Matrícula 29041-2  
Coordenador de Pós-Graduação  
FEAGRI/UNICAMP

CAMPINAS  
2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

F663d

Flórez Tuta, Natalia

Desenvolvimento e produtividade da cana-de-açúcar no ciclo da cana-planta com aplicação de efluente de esgoto tratado via gotejamento subsuperficial / Natalia Flórez Tuta. --Campinas, SP: [s.n.], 2013.

Orientador: Edson Eiji Matsura

Coorientador: Regina Celia de Matos Pires.

Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Análise foliar. 2. Águas residuais de irrigação. 3. Manejo de irrigação. I. Matsura Edson Eiji, 1956-. II. Pires, Regina Celia de Matos. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. IV. Título.

Título em Inglês: Growth and productivity of sugarcane with the application of treated sewage effluent in cane plant cycle via subsurface drip irrigation

Palavras-chave em Inglês: Analysis leaf, Sewage irrigation, Irrigation management

Área de concentração: Água e Solos

Titulação: Mestra em Engenharia Agrícola

Banca examinadora: Marcus Vinicius Folegatti, Roberto Testezlaf

Data da defesa: 07-02-2013




Este exemplar corresponde à redação final da **Dissertação de Mestrado** defendida por **Natália Flórez Tuta**, aprovada pela Comissão Julgadora em 07 de fevereiro de 2013, na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.

**FEAGRI**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Edson Eiji Matsura – Presidente e Orientador**  
Feagri/Unicamp

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Marcos Vinicius Folegatti**  
Esalq/USP

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Roberto Testezlaf – Membro Titular**  
Feagri/Unicamp

**Faculdade de Engenharia Agrícola**  
**Unicamp**

A minha mãe Mary pela sua dedicação, exemplo e amor,  
Ao meu pai Brando e minha irmã Carolina pelo seu apoio e amor incondicional,  
A minha sobrinha Gaby por chegar no momento apropriado para ser luz na minha vida.

***DEDICO***

Aos amigos e professores, que me acompanharam e apoiaram nestes dois anos longe do meu país e da minha família.

***OFEREÇO***

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por todas as bênçãos recebidas,

Ao Prof. Dr. Edson Eiji Matsura, por acreditar na minha capacidade, pela orientação, confiança, amizade e apoio incondicional.

À Prof. Dra. Regina Célia de Matos Pires, pela co-orientação, contribuições científicas, apoio irrestrito, amizade e valiosos conselhos de vida.

Aos professores e amigos Roberto Tezteslaf e Zigomar Menezes de Souza pelos ensinamentos quanto profissionais como de vida.

À Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) pela oportunidade, confiança, infraestrutura e suporte necessários para realização deste trabalho.

A CAPES e à FAPESP pela concessão da bolsa de estudo.

À Usina Esther pela doação do material de propagação da cultura de cana-de-açúcar.

Aos técnicos do Laboratório de Hidráulica e Irrigação, Túlio Assunção Pires Ribeiro, e especialmente ao Gelson Espíndola da Silva, quem é um exemplo de trabalho e quem contribuiu com seus conhecimentos técnicos e mão de obra na montagem do experimento.

Aos técnicos do Laboratório de Solos Júnior e Célia, pela colaboração na realização das análises de solos.

Ao Sergio López pelo apoio no empréstimo do IRGA e aquisição de dados meteorológicos.

Aos funcionários do campo experimental Sr. Freire, Jamilson, Carlão, e o Pequeno, pelo apoio na realização das atividades de campo.

Ao grupo de pesquisa Leonardo, Daniel, Eduardo e Aline que hoje considero grandes amigos, pelas horas de trabalho e de descontração, pelo apoio, amizade e paciência.

Ao Ivo grande amigo de batalhas no campo, pelas correções de português, paciência, amizade e apoio nos momentos de estresse.

Aos amigos Allan, Maycon, Fábio, Gabriela, Adriana, Carolina, Camila, Guilherme, Flávia, Marcio, Rhuanito, Giovani, Lucas, Cintia, Milla, Luiz, Marcelo, Haroldo, Henrique, Franciana, Felipe, Leandro e Klebson, pelos muitos momentos de descontração e apoio incondicional.

Aos alunos de iniciação científica, Romeu, Rafael Leme, Rafael, Guilherme Porto e Fernando, pelo apoio na realização deste trabalho.

Aos alunos do IAC pela troca de experiências com respeito ao uso do IRGA e em geral ao manejo da cana-de-açúcar.

Aos amigos da Colômbia, que com suas palavras de apoio e abraços “virtuais” alegraram meus momentos de saudade.

Ao Prof. Jesús Hernán Camacho, pelo apoio, amizade e conselhos valiosos que fizeram possível esta grande experiência.

A minha família pelo incentivo e apoio além da distancia.

À família brasileira que me acolheu e que sem saber fez tudo para eu me sentir como se estivesse em casa.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para o sucesso deste trabalho e não foram citados.

A todos vocês meu mais sincero agradecimento por fazer deste tempo no Brasil, uma das melhores experiências da minha vida.

## EPIGRAFE

*Hoje é segunda, amanhã também,  
parece que estou vivendo acima da capacidade de campo, e não consigo mais reter as informações,  
eu posso até tentar extrai-las,  
mas o máximo que vou conseguir é mais um final de semana percolado.  
O planejamento é o mais importante, claro, mas quem decide é o clima,  
e se der sol, novamente meus domingos serão divididos em cinco avaliações,  
ainda bem que tenho amigos pra segurar as escadas  
e assim nunca estarei reclamando da comida fria e compactada sozinho.  
Vou medindo aqui e ali, contando piadas e ouvindo histórias  
que só existem na cabeça dos mais empolgados.  
Somente irrigar não adianta, temos que ser fiéis no casamento,  
honrar as três letras, são elas TDR.*

*O sol queimando a pele branca agora vermelha,  
a lama fazendo arte na roupa surrada,  
o suor salgando a boca aberta procurando oxigênio,  
a inofensiva folha expondo o sangue do corpo imitando a chibata do século XVIII.  
Trincheiras, sim trincheiras, mas não aquelas usadas na guerra,  
as nossas são maiores e mais avermelhadas, quase chegamos no Japão.  
Nossos netos lembrarão-se de nós, sei que lembrarão,  
não porque tivemos um RG ou CPF e uma foto em preto e branco na estante,  
mas sim porque quase tudo que eles terão, será fruto de nosso esforço.*

*Zution*

## RESUMO

A demanda mundial por açúcar e bioenergia cresce nos dias atuais resultando em aumento da produção da cultura da cana-de-açúcar, entretanto, as áreas de cultivo se expandem para regiões onde o recurso hídrico é um fator limitante para a produção. Neste contexto, uma alternativa para promover a produtividade é o uso de outras fontes de água como os efluentes de esgoto tratado, contribuindo com a sustentabilidade no setor. No Brasil o reuso de águas para agricultura é ainda recente, o qual limita o seu uso, considerando a falta de regulamentações para o seu adequado manejo e disposição. Assim os efluentes de esgoto, constituem-se numa problemática ambiental (poluição dos corpos de água), social (risco à saúde), e, económica, a qual deve ser estudada, com o objetivo de obter informação que contribua à criação de legislações que contribuam à mitigação e ou diminuição dos impactos negativos deste tipo de efluentes no ambiente e na sociedade, assim como a diminuição do gasto anual do país para a despoluição dos recursos hídrico e do solo. Entretanto, são poucas as informações existentes ao que refere à disposição via gotejamento subsuperficial e aos efeitos no desenvolvimento e produtividade da cana-de-açúcar. Diante do exposto, o presente trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito da irrigação com efluente de esgoto tratado, aplicado via gotejamento subsuperficial no desenvolvimento vegetativo e produtividade da cana-de-açúcar variedade RB86-7515 no ciclo da cana-planta, na região de Campinas – SP. Foram avaliados os parâmetros agrônômicos e tecnológicos das plantas de cana-de-açúcar submetidas à irrigação com duas qualidades de água (efluente de esgoto tratado e água de reservatório superficial), dois níveis de fertirrigação (com e sem) e duas profundidades de instalação da fita gotejadora (0,20 e 0,40 m). A partir dos 303 dias após o plantio foram realizadas as medições dos parâmetros agrônômicos, já as análises tecnológicas foram realizadas a partir dos 358 dias após o plantio. Os tratamentos não influenciaram significativamente o desenvolvimento agrônômico das plantas, em relação ao tratamento não irrigado. Com relação à produtividade, o maior valor estimado ( $281 \text{ t ha}^{-1}$ ) foi alcançado no tratamento (T4) irrigado com efluente de esgoto tratado, fertirrigado e com fita gotejadora instalada a 0,40 m de profundidade, sendo superior ao tratamento não irrigado em  $47 \text{ t ha}^{-1}$ . No entanto, o tratamento T4 atingiu um valor médio de açúcar total recuperável de  $125 \text{ kg ha}^{-1}$ , sendo inferior ao tratamento sem irrigação em  $10 \text{ kg ha}^{-1}$ , e ao tratamento irrigado com água de reservatório superficial, fertirrigado e com fita gotejadora enterrada a 0,20 m, em  $35 \text{ kg ha}^{-1}$ .

<sup>1</sup>. A irrigação com efluente de esgoto tratado na profundidade de 0,40 m no estágio de crescimento intenso, não promoveu o aumento nos valores dos atributos agronômicos e tecnológicos da cana-de-açúcar variedade RB86-7515. O aumento na produtividade média foi de 17% no ciclo da cana-planta comparado com a cultura em sequeiro com adubação convencional, quando aplicada a irrigação com efluente de esgoto tratado junto com a fertilização realizada por gotejamento subsuperficial instalado a 0,40 m.

**Palavras-chave:** Análise foliar, águas residuais de irrigação, manejo de irrigação

## ABSTRACT

The increasing world demand for sugar and bioenergy drives sugarcane production to high standards. Since the plantations grow toward regions of low hydric resources, the application of treated sludge is identified as an alternative for hydric supply, contributing, that way, to the sustainability of the sector. Water reuse in Brazil is a quite recent practice which does not account with regulations to support an adequate application and disposition. Sludge effluents constitute important environmental problems (water bodies pollution), social problems (health risks) as well as economic problems which should be studied to generate laws to contribute to negative impacts mitigation or diminution of these kinds of effluents in the environment and in the society and the country annual expenses to revert soil and water resources pollution. However, only little information associated to drip subsurface application effects on sugar cane crop productivity and development is available. Based on what it has been exposed before, this research work intends to evaluate the treated sludge irrigation as applied by means of subsurface drip irrigation technique on the RB86-7515 sugar cane vegetative and productivity development on the cane plant cycle in the Campinas, São Paulo region. Treated sugar cane plants (with two water qualities, i.e., treated sludge effluent and superficial reservoir water) agronomic and technological parameters have been determined for two distinct dripping tape installation depth (0.20 and 0.40 m). Agronomic parameters have been measured 303 days after the plantation, meanwhile the technological analyses were carried after 358 of the plantation. Treatments did not show significant influence on the agronomic plant development if compared with the non-irrigated treatment. Regarding productivity, T4 treatment (irrigated with treated sludge effluent, fertirrigated and with dripping tape positioned at the depth of 0.4 m) exhibited the highest estimated value ( $281 \text{ t ha}^{-1}$ ) surpassing the non irrigated treatment by  $47 \text{ t ha}^{-1}$ . However, treatment T4 reached an average recoverable total sugar of  $125 \text{ kg ha}^{-1}$ , which was lower of the non-irrigated treatment by  $10 \text{ kg ha}^{-1}$  and also lower of the treatment with superficial reservoir water, fertirrigated and with the dripping tape positioned at 0.20 m by  $35 \text{ kg ha}^{-1}$ . Irrigation with treated at the depth of 0.4 m at the intense growth level did not promote the increase of the agronomic as well as of the technological sugarcane attributes associated to the RB86-7515 sugarcane variety. The average productivity increase was of 17% on the cane plant cycle as compared with the dry



(sequeiro?) crop with conventional fertilization when the treated sludge effluente together with the irrigation the fertilization carried with subsurface dripping positioned at 0.4 m.

Keywords: foliar analyis, residual water irrigation, irrigation handling.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estádios de desenvolvimento das plantas de cana-de-açúcar no ciclo de cana-planta (Adaptado de Magro et al., 2011).....	8
Figura 2. Sistema de numeração de folhas de Kuijper (VAN DILLEWIJN, 1952).....	15
Figura 3. Foto de satélite da área experimental Feagri/Unicamp, Campinas, SP. (Fonte: Google Earth, 2012). .....	26
Figura 4. Curvas de retenção de umidade para diferentes profundidades do Latossolo Vermelho distroférico, área experimental Feagri/Unicamp, Campinas, SP. ....	27
Figura 5. Esquema do delineamento experimental e detalhe da distribuição das parcelas. ....	30
Figura 6. Profundidades de instalação das fitas gotejadoras entre as linhas de plantas com menor espaçamento. ....	31
Figura 7. Componentes do cabeçal de controle do sistema de irrigação: (a) Automação; (b) Reservatórios de água e efluente; (c) Sistema de filtragem secundário; (d) Sistema de filtragem principal, injeção de fertilizantes e válvulas principais dos tratamentos.....	32
Figura 8. Disposição do sistema integrado de tratamento e reuso agrícola de esgoto (SITRAE) da Feagri/Unicamp (Adaptado de ZANELLA, 2008).....	33
Figura 9. Esquema de instalação da bateria de sondas TDR para monitoramento da umidade do solo na área experimental. ....	35
Figura 10. Dados climáticos mensais observados durante o ciclo de cana-planta, safra 2011/2012, na região de Campinas – SP. ....	43
Figura 11. . Curvas horárias da condutância estomática ( $g_s$ , a), taxa fotossintética (A, b) e taxa de transpiração das plantas (E, c) obtidas aos 290 DAP (no estágio de crescimento intenso)..	49
Figura 12. Número de perfilhos por metro linear (NPml) da variedade RB86-7515, no ciclo da cana-planta, para os diferentes tratamentos.....	51
Figura 13. Altura da planta (AP) da variedade RB86-7515, no ciclo da cana-planta, para os diferentes tratamentos.....	53
Figura 14. Número de entrenós por colmo (NEC) da variedade RB86-7515, no ciclo da cana-planta, para os diferentes tratamentos. ....	54
Figura 15. Altura do colmo (AC) da variedade RB86-7515, no ciclo da cana-planta, para os diferentes tratamentos.....	55
Figura 16. Diâmetro do colmo (DC) da variedade RB86-7515, no ciclo da cana-planta, para os diferentes tratamentos.....	56

Figura 17. Número de folhas verdes (a), emergentes (b) e senescentes (c) da variedade RB86-7515, no ciclo da cana-planta, para os diferentes tratamentos. ....	58
Figura 18. Relação entre a área foliar calculada e medida com integrador de área foliar, para a variedade RB86-7517, nos estádios de crescimento intenso e maturação, no ciclo da cana-planta, em Campinas, SP. ....	62
Figura 19. Área foliar (AF) da variedade RB86-7515, no ciclo da cana-planta, para os diferentes tratamentos. ....	62
Figura 20. Índice de área foliar (IAF) da variedade RB86-7515, no ciclo da cana-planta, para os diferentes tratamentos. ....	64
Figura 21. Massa fresca do colmo (MFC) da variedade RB86-7515, no ciclo da cana-planta, para os diferentes tratamentos. ....	65
Figura 22. Teor de sólidos solúveis do caldo (BRIX, a), peso do bagaço úmido (PBU, b), teor de sacarose aparente do caldo (POL, c), pureza aparente do caldo (Pu, d), açúcares redutores do caldo (AR, e), fibra da cana-de-açúcar (Fb, f), pol da cana-de-açúcar (PC, g), rendimento de açúcar teórico recuperável (RTR, h), para cada tratamento, aos 358, 408 e 482 DAP. ....	67
Figura 23. Açúcar total recuperável (ATR) da variedade RB86-7515, no ciclo da cana-planta, para os diferentes tratamentos. ....	73
Figura 24. Estimativa da produção de colmos por hectare (EPC) da variedade RB86-7515, no ciclo da cana-planta, para os diferentes tratamentos. ....	75

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Principais estados produtores de cana-de-açúcar do Brasil safra 2011/2012, com respectiva área cultivada, produção e porcentagem de participação na produção do país. ....	6
Tabela 2. Coeficientes da cultura (Kc) para cana-planta e cana-soca nos diferentes estádios de desenvolvimento (adaptado de Doorenbos e Pruitt (1977) e Doorenbos e Kassam (1981)).....	14
Tabela 3. Indicadores da qualidade e valores recomendados para industrialização da cana-de-açúcar.....	19
Tabela 4. Valores da produtividade média da cana-de-açúcar por ciclo de corte, para os anos safras de 1998 até 2003. ....	19
Tabela 5. Vantagens e limitações do uso de efluentes de esgoto tratado na agricultura. ....	20
Tabela 6. Atributos físicos do Latossolo Vermelho distroférico, Feagri/Unicamp, Campinas, SP.....	28
Tabela 7. Atributos químicos do Latossolo Vermelho distroférico, Feagri/Unicamp, Campinas, SP.....	29
Tabela 8. Tratamentos implantados na área experimental da Feagri/Unicamp, Campinas, SP.	30
Tabela 9. Nutrientes aplicados nos tratamentos T2, T4, T6 e T8, no ciclo de cana-planta.....	37
Tabela 10. Entradas de água por precipitação e irrigação por aspersão e gotejamento subsuperficial no ciclo da cana-planta.....	45
Tabela 11. Balanço hídrico sequencial para os diferentes tratamentos no ciclo de cana-planta, safra 2011-2012, Campinas/SP.....	46
Tabela 12. Resultados da análise química da água de reservatório superficial (ARS) e do efluente de esgoto tratado (EET), utilizados para irrigação de cana-de-açúcar. ....	47
Tabela 13. Valores médios do número de perfilhos por metro linear (NPml) de cana-de-açúcar com a aplicação de água de diferentes procedências (ARS e EET) e profundidades de instalação da fita gotejadora, aos 333 e 358 DAP, no ciclo da cana-planta, em Campinas, SP. ....	50
Tabela 14. Valores médios do número de entrenós por colmo (NEC) de cana-de-açúcar em função da interação entre a qualidade de água e a aplicação da fertirrigação aos 408 DAP, no ciclo da cana-planta, em Campinas, SP.....	54
Tabela 15. Valores médios de diâmetro do colmo (DC) de cana-de-açúcar em função da aplicação de fertirrigação e da qualidade de água, aos 408 DAP, no ciclo da cana-planta, em Campinas, SP.....	57

Tabela 16. Valores médios de número de folhas verdes (NFV) de cana-de-açúcar aos 408 DAP, em função da qualidade de água e a aplicação de fertirrigação, no ciclo da cana-planta, em Campinas, SP.....	59
Tabela 17. Valores médios de número de folhas senescentes (NFS) de cana-de-açúcar aos 408, em função da qualidade de água e aplicação de fertirrigação, no ciclo da cana-planta, em Campinas, SP.....	60
Tabela 18. Valores médios de número de folhas emergentes (NFE) de cana-de-açúcar aos 358 DAP, em função da qualidade de água e a profundidade de instalação da fita gotejadora, no ciclo da cana-planta, em Campinas, SP.....	61
Tabela 19. Valores médios de número de folhas emergentes (NFE) de cana-de-açúcar aos 408 DAP, em função da aplicação de fertirrigação e das profundidades de instalação da fita gotejadora, no ciclo da cana-planta, em Campinas, SP.....	61
Tabela 20. Valores médios do índice de área foliar (IAF, m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> ) de cana-de-açúcar em função da qualidade de água e profundidades de instalação da fita gotejadora, aos 358 e 482 DAP, no ciclo da cana-planta, em Campinas, SP.....	63
Tabela 21. Valores médios do índice de área foliar (IAF, m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> ) de cana-de-açúcar em função da aplicação de fertirrigação e da qualidade de água, aos 358 e 482 DAP, no ciclo da cana-planta, em Campinas, SP.....	64
Tabela 22. Valores médios da massa fresca do colmo (MFC) de cana-de-açúcar em função da aplicação de fertirrigação e das profundidades de instalação da fita gotejadora, aos 482 DAP no ciclo da cana- planta, em Campinas, SP.....	66
Tabela 23. Valores médios de teor de sólidos solúveis do caldo (BRIX) de cana-de-açúcar em função da qualidade de água e das profundidades de instalação da fita gotejadora, aos 358 DAP no ciclo da cana- planta, em Campinas, SP.....	68
Tabela 24. Valores médios de sólidos solúveis do caldo (BRIX) de cana-de-açúcar em função da aplicação de fertirrigação e das profundidades de instalação da fita gotejadora, aos 358 e 482 DAP no ciclo da cana- planta, em Campinas, SP.....	68
Tabela 25. Valores médios de sacarose aparente do caldo (POL) da cana-de-açúcar em função da aplicação de fertirrigação e das profundidades de instalação da fita gotejadora, aos 482 DAP no ciclo da cana- planta, em Campinas, SP.....	70
Tabela 26. Valores médios de sacarose aparente da cana-de-açúcar (PC) em função da aplicação de fertirrigação e das profundidades de instalação da fita gotejadora, aos 482 DAP no ciclo da cana- planta, em Campinas, SP.....	72
Tabela 27. Valores médios de açúcar total recuperável (ATR) de cana-de-açúcar em função da aplicação de fertirrigação e das profundidades de instalação da fita gotejadora, aos 408 e 482 DAP no ciclo da cana- planta, em Campinas, SP.....	73

Tabela 28. Valores médios da estimativa da produção de colmos por hectare (EPC) de cana-de-açúcar em função da aplicação de fertirrigação e das profundidades de instalação da fita gotejadora, aos 482 DAP no ciclo da cana- planta, em Campinas, SP.....74

Tabela 29. Valores médios da estimativa da produção de colmos por hectare (EPC) de cana-de-açúcar em função da qualidade de água e a aplicação de fertirrigação, aos 482 DAP no ciclo da cana- planta, em Campinas, SP.....75

Tabela 30. Eficiência do uso da água (EUA) na produção de colmos da cana-de-açúcar variedade RB86-7515, no ciclo da cana-planta. ....78

## LISTA DE ABREVIATURAS

### *1. Abreviaturas*

EET – Efluente de Esgoto Tratado  
IGS – Irrigação por gotejamento subsuperficial  
ARS – Água de Reservatório Superficial  
EUA – Eficiência do Uso da Água  
TDR – Time Domain Reflectometry  
FDR - Reflectometria no Domínio da Frequência  
EMAP – Erro Médio Absoluto Percentual  
ETc – evapotranspiração da cultura  
AF – Área Foliar  
IAF – Índice de Área Foliar  
NFV – Número de Folhas Verdes  
IRGA – Infrared Gas Analyser  
PBU – Peso do Bagaço Úmido  
Fb – Fibra  
Pu – Pureza  
AR – Açúcares Redutores do caldo  
ATR – Açúcares Redutores Totais  
EETE – Efluente de Estação de Tratamento de Esgoto  
SWRC – Soil Water Retention Curve  
AD – Água Disponível  
CAD – Capacidade de Água Disponível  
CTC – Capacidade de troca de cátions  
RAS – Razão de adsorção de sódio  
CE – Condutividade elétrica  
LB – Linha de Bordadura  
N<sub>l</sub> – Número de Linhas  
C<sub>s</sub> – Camada da Sonda  
L<sub>fg</sub> – Largura da Faixa do Gotejador  
C<sub>f</sub> – Comprimento da Faixa  
v<sub>g</sub> – vazão do gotejador  
NPml – Número de Perfilhos por metro linear  
DC – Diâmetro Colmo  
AC – Altura do Colmo  
NFE – Número de Folhas Emergentes  
NFS – Número de Folhas Senescentes  
NEC – Número de Entrenós do Colmo  
AP – Altura da Planta  
AFc – Área da Folha calculada

DAP – Dias Após do Plantio  
MFF – Massa Fresca do Feixe  
MFC – Massa Fresca do Colmo  
EPC – estimativa de produção de colmos  
UTA – Uso Total de Água  
Pr - Precipitação  
P - Profundidade  
RAS – Razão de Adsorção de Sódio  
CTC – Capacidade de Troca de Cátions  
DAC – Dias Após do Corte

## **2. Siglas**

APHA – American Public Health Association  
CEPAGRI – Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas aplicadas a Agricultura  
CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento  
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente  
CONSECANA – Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Alcool  
CTC – Centro de Tecnologia Canavieira  
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
FAO – Food and Agricultural Organization  
IAC – Instituto Agrônomo de Campinas  
RIDESA – Rede Interinstitucional de Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro  
SITRAE – Sistema Integrado de Tratamento e Reuso Agrícola de Esgoto  
UNICA – União da Indústria de Cana-de-açúcar



## LISTA DE SÍMBOLOS

$K_a$  – Constante dielétrica aparente  
 $E_{To}$  – evapotranspiração de referência  
 $R_n$  - radiação líquida sobre a superfície da cultura  
 $G$  - densidade do fluxo de calor do solo  
 $T$  - temperatura do ar medida a 2 m de altura  
 $u_2$  - velocidade do vento medida a 2 m de altura  
 $e_s$  - pressão de saturação de vapor  
 $e_a$  - pressão atual de vapor  
 $e_s - e_a$  - déficit de pressão de saturação de vapor  
 $\Delta$  - tangente à curva de saturação de vapor  
 $\gamma$  - constante psicrométrica  
 $K_c$  – coeficiente da cultura  
 $C$  – comprimento da folha  
 $L$  – largura da folha  
 $AS$  – Área de solo ocupada por uma planta  
 $g_s$  – Condutância estomática  
 $POL$  – Teor de sacarose aparente do caldo  
 $PC$  – Teor de sacarose aparente da cana  
 $BRIX$  – Teor de sólidos solúveis  
 $\theta_{cc}$  – Conteúdo de água na capacidade de campo  
 $\theta_{pmp}$  – Conteúdo de água no ponto de murcha permanente  
 $\rho$  – Densidade aparente do solo  
 $z$  – Profundidade da camada do solo  
 $\theta_i$  – Umidade volumétrica do solo  
 $PST$  – Saturação por sódio  
 $V$  – Saturação por bases  
 $V_i$  – Volume de água de irrigação por tratamento  
 $V_s$  – Volume de solo explorado por linha  
 $E_s$  – Espaçamento entre linha  
 $PRD$  – área para medições agronômicas e tecnológicas  
 $AFa$  – Área da folia obtida com o aparelho  
 $A$  – Taxa fotossintética  
 $E$  – Transpiração  
 $LPb$  – Leitura sacarimétrica equivalente a de subacetato de chumbo  
 $C_p$  – Coeficiente para a transformação da  $POL$ .  
 $RTR$  – Rendimento do açúcar teórico recuperável  
 $H+Al$  – Acidez potencial  
 $Q$  – Qualidade de água  
 $F$  - Fertirrigação

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. HIPÓTESE .....	4
3. OBJETIVOS.....	5
3.1. Objetivo Geral.....	5
3.2. Objetivos Específicos .....	5
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
4.1. Generalidades da cultura da cana-de-açúcar .....	6
4.1.1. Variedades.....	9
4.1.2. Necessidade hídrica da cana-de-açúcar e produtividade .....	10
4.1.3. Área foliar e Índice de área foliar.....	14
4.1.4. Trocas gasosas na cana-de-açúcar .....	17
4.1.5. Parâmetros tecnológicos e produtividade da cana-de-açúcar .....	18
4.2. Reuso de água para irrigação.....	20
4.2.1. Aplicação de efluente de esgoto tratado (EET) na cultura de cana de açúcar .....	21
4.3. Fertirrigação.....	24
5. MATERIAL E MÉTODOS .....	26
5.1. Localização e descrição da área experimental .....	26
5.2. Delineamento experimental e descrição dos tratamentos .....	29
5.3. Plantio, variedade da cultura e instalação do sistema de irrigação .....	30
5.4. Qualidade da água de reservatório superficial (ARS) e do efluente de esgoto tratado (EET) 33	
5.5. Irrigação .....	34
5.6. Parâmetros de adubação e fertirrigação .....	36
5.7. Tratos culturais .....	37
5.8. Monitoramento das plantas .....	37
5.8.1. Medições ao longo do ciclo.....	38
5.8.2. Medições no final do ciclo .....	39

5.9.	Análise dos resultados .....	42
6.	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>43</b>
6.1.	Clima e consumo de água da cultura.....	43
6.2.	Caracterização química da água de irrigação .....	46
6.3.	Respostas fisiológicas, agronômicas e tecnológicas .....	48
6.3.1.	Trocas gasosas da planta .....	48
6.3.2.	Parâmetros agronômicos .....	50
6.3.2.1.	Perfilhos por metro linear (NPml).....	50
6.3.2.2.	Altura da planta (AP) .....	52
6.3.2.3.	Número de entrenós por colmo (NEC).....	53
6.3.2.4.	Altura do colmo (AC) .....	55
6.3.2.5.	Diâmetro do colmo (DC).....	56
6.3.2.6.	Número de folhas verdes (NFV), emergentes (NFE) e senescentes (NFS).....	58
6.3.2.7.	Área foliar (AF) e Índice de área foliar (IAF) .....	61
6.3.3.	Parâmetros tecnológicos e produtividade.....	65
6.3.3.1.	Massa fresca do colmo (MFC).....	65
6.3.3.2.	Teor de sólidos solúveis do caldo (BRIX) .....	68
6.3.3.3.	Peso do bagaço úmido (PBU) .....	69
6.3.3.4.	Sacarose aparente do caldo (POL) .....	69
6.3.3.5.	Pureza (Pu).....	70
6.3.3.6.	Açúcares redutores do caldo (AR) .....	71
6.3.3.7.	Sacarose aparente da cana-de-açúcar (PC).....	71
6.3.3.8.	Fibra (Fb).....	72
6.3.3.9.	Rendimento teórico recuperável (RTR) .....	72
6.3.3.10.	Açúcar total recuperável (ATR).....	73
6.3.3.11.	Estimativa de produção de colmos (EPC).....	74

6.3.3.12. Eficiência no uso da água (EUA) .....	78
7. CONCLUSÕES.....	79
8. SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES .....	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	81
APÊNDICE .....	96

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente a cultura de cana-de-açúcar no Brasil se destaca perante as outras culturas pela contribuição econômica, social e ambiental que desempenha para o país, já que com aproximadamente 370 unidades sucroalcooleiras gera 1,2 milhões de empregos, movimentando no Brasil cerca de 16 bilhões de reais por ano, contribuindo com 2,5% do Produto Interno Bruto do país (VITTI e MAZZA, 2002; BRASIL, 2009).

O Brasil é um dos quatro principais produtores agrícolas do mundo. Em 2010, a área total mundial cultivada com cana-de-açúcar foi de 23,8 milhões de hectares, com produção de 1.711 milhões de toneladas e produtividade de 71,7 t ha<sup>-1</sup>. Neste contexto, a área cultivada no Brasil no mesmo período foi de 9,1 milhões de hectares, com produção de 717,5 milhões de toneladas e produtividade de 79,0 t ha<sup>-1</sup>, sendo assim o maior produtor mundial de cana de açúcar (FAO, 2011).

Na produção mundial de açúcar e etanol, o Brasil ocupa o primeiro e segundo lugar, respectivamente, sendo que mais de 50% da produção de cana-de-açúcar, açúcar e etanol no país provem do Estado de São Paulo (CONAB, 2012).

Com o crescimento populacional no mundo há necessidade de aumento na produção de alimentos, fibras e bicompostíveis. Tal fato faz com que ocorra o uso intensivo dos recursos naturais (renováveis e não renováveis) e com isto há necessidade de uso de fontes alternativas de energia. Para tanto, necessário se faz o uso de práticas culturais e o desenvolvimento de novas tecnologias que viabilizem aumento da produtividade com eficiência e qualidade (BRITO et al., 2009).

Considerando a necessidade de expansão das áreas de cultivo, visando ao aumento da produção de cana-de-açúcar, o uso de sistemas de irrigação em áreas onde o volume e/ou distribuição de precipitações inadequados ao longo do ano, se apresenta como técnica promissora. Neste cenário deve-se levar em consideração a disponibilidade de recursos hídricos na região e a sustentabilidade da atividade.

Aproximadamente, as proporções de extração de água no mundo pelos diferentes setores da sociedade são 11% para consumo doméstico, 19% para a indústria e 70% para a agricultura (FAO, 2010). Neste contexto, necessário se faz realizar estudos relacionados ao conceito de “substituição de fontes” no setor agrícola, utilizando águas de reuso como os efluentes de esgoto tratado (EET) para irrigação, disponibilizando as águas de melhor

qualidade para o consumo humano e industrial (HESPANHOL, 2002). De acordo com o exposto, o uso de EET consiste em alternativa para uso na agricultura em condições específicas que levem em consideração fatores, tais como: método de aplicação (inundação, sulcos, aspersão, localizada ou gotejamento subsuperficial), cultura, grau de tratamento do esgoto, entre outros.

No Brasil o reuso de águas para agricultura é ainda recente, pela falta de legislações e regulamentações que indiquem os critérios adequados para disposição deste tipo de águas para irrigação das culturas (MEDEIROS, 2008).

A problemática do manejo dos efluentes de esgoto no Brasil tem atingido proporções elevadas, considerando que do esgoto gerado, apenas 37,9% recebe algum tipo de tratamento, ou seja, quase 8 bilhões de litros de esgoto são lançados diariamente aos corpos de água sem nenhum tipo de tratamento (SNIS, 2012).

Assim os efluentes de esgoto, constituem-se numa problemática ambiental (poluição dos corpos de água), social (risco à saúde), e, económica, considerando que o recurso investido na recuperação de corpos de água poluídos, poderia ser economizado ou utilizado em outras atividades. Desta forma, para o tratamento dos efluentes de esgoto, assim como para a sua implementação na agricultura, se faz necessário realizar estudos com a finalidade de obter informação que contribua à criação de legislações e regulamentações, mitigando e/ou diminuindo os impactos negativos deste tipo de efluentes no ambiente e na sociedade, assim como a diminuição do gasto anual do país para a despoluição dos recursos hídrico e do solo.

O uso do gotejamento subsuperficial consiste em alternativa para disposição do EET, possibilitando a adequação da legislação estipulada pelo Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, na Resolução No. 375, de 29 de agosto de 2006, em vigor no Brasil, para aplicação de água residuária na agricultura (BRASIL, 2006), e, viabilizando economia no uso da água em relação a outros sistemas de irrigação e a disposição do EET.

Para o uso adequado do sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial (IGS) existem fatores relacionados à cultura e ao sistema, que necessitam investigação para obtenção de bons resultados com o uso da técnica, dentre estes: a profundidade de instalação dos tubos gotejadores, o tipo de solo, o sistema de cultivo, o espaçamento e a vazão entre emissores. Assim, a instalação demasiadamente profunda do tubo gotejador poderá restringir a

disponibilidade de água para as plantas (dependendo da distribuição do sistema radicular) e, conseqüentemente, reduzir o consumo de água, desenvolvimento das plantas e a produção. Por outro lado, a instalação do tubo gotejador próximo à superfície do solo poderá acarretar em danos mecânicos ao sistema provenientes dos tratos culturais, assim como, dificuldades na renovação do canavial e na reutilização dos tubos gotejadores.

Estudos que verifiquem o efeito da profundidade de instalação dos tubos gotejadores, no desenvolvimento das plantas da cultura da cana-de-açúcar irrigada ao longo do ciclo, proporcionarão informações básicas relevantes para adequação no uso da técnica com favorecimento da produção e da utilização de água residuária, reduzindo o impacto pelo uso dos recursos hídricos e disputa com outros setores da sociedade.

Diferentes fatores relacionados aos processos de transferência da água no sistema solo-planta-atmosfera determinam a produtividade dos cultivos agrícolas (FRIZZONE, 1998). A água consumida por evapotranspiração da cultura deve ser repostada às plantas para não comprometer o desenvolvimento e a produção. Desta forma, o monitoramento da água do solo, do clima e das respostas das plantas de cana-de-açúcar irrigadas com EET, proporcionam informações para a tomada de decisões sobre o manejo adequado dos recursos hídricos e energéticos, tendo como objetivo o aumento de produtividade (POSSE et al., 2008).

Desta forma embora existam pesquisas relacionadas ao uso de EET na agricultura, se faz necessário realizar estudos visando conhecer o efeito no desenvolvimento e produtividade da cultura de cana-de-açúcar irrigada com este tipo de efluentes via gotejamento subsuperficial.

## **2. HIPÓTESE**

A irrigação da cultura de cana-de-açúcar variedade RB86-7515 com efluente de esgoto tratado (EET), via gotejamento subsuperficial na profundidade de 0,40 m, no estágio de crescimento intenso, promove o aumento nos valores dos parâmetros agronômicos e tecnológicos da cana-de-açúcar, refletindo em maior produtividade, quando comparado com a cultura irrigada sob as mesmas condições, com água proveniente de reservatório.



### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo Geral**

Avaliar o efeito da irrigação com efluente de esgoto tratado aplicado via gotejamento subsuperficial no desenvolvimento vegetativo, atributos tecnológicos e produtividade da cana-de-açúcar, variedade RB86-7515 no ciclo de cana planta, na região de Campinas – SP.

#### **3.2. Objetivos Específicos**

- Avaliar o efeito de duas profundidades de instalação do sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial (0,20 e 0,40 m), no desenvolvimento, atributos tecnológicos e na produtividade da cultura da cana-de-açúcar no estágio de crescimento intenso.
- Comparar o desenvolvimento agrônômico, atributos tecnológicos e a produtividade da cultura de cana de açúcar irrigada por gotejamento subsuperficial com efluente de esgoto tratado (EET) e com água de reservatório superficial (ARS).
- Avaliar o efeito do aporte nutricional pela aplicação do EET em relação à adoção da fertirrigação no desenvolvimento agrônômico, atributos tecnológicos e a produtividade da cultura de cana-de-açúcar no ciclo de cana planta.

## 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1. Generalidades da cultura da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar tem origem na Nova-Guiné e foi trazida para o Brasil em 1532 pelos portugueses. Desde 1650, o Brasil começou a liderar a produção mundial cana-de-açúcar que foi aumentando a cada ano, sendo atualmente o principal produtor de cana-de-açúcar e de açúcar, e o segundo maior produtor de etanol, precedido pelos Estados Unidos. A produção de cana-de-açúcar no Brasil, na safra 2011/2012 foi de 560,36 milhões de toneladas, da qual em média, 50,4% foram destinados à produção de açúcar e 49,6% para produção de etanol (CONAB, 2012).

No Brasil, a cana-de-açúcar é produzida principalmente nas regiões Centro-Sul e Nordeste, o que permite dois períodos de safra por ano, sendo que na região Centro-Sul, a safra ocorre de abril a novembro e na região Nordeste de novembro a abril (UNICA, 2002). Na Tabela 1 são apresentados os principais estados produtores de cana-de-açúcar do Brasil, na safra 2011/2012, destacando-se São Paulo como o principal produtor.

**Tabela 1.** Principais estados produtores de cana-de-açúcar do Brasil safra 2011/2012, com respectiva área cultivada, produção e porcentagem de participação na produção do país.

Estado	Área (mil ha)	Produção (milhões de toneladas)	% da produção total
São Paulo	4.370,08	305,64	54,54%
Minas Gerais	742,65	50,24	8,97%
Goiás	768,42	45,22	8,07%
Paraná	611,44	40,52	7,23%
Alagoas	463,65	27,71	4,95%
Pernambuco	326,11	17,64	3,15%
Mato Grosso do Sul	480,86	13,15	2,35%
Mato Grosso	220,1	13,15	2,35%
Outros	372,79	47,09	8,40%
<b>TOTAL</b>	<b>8.356,10</b>	<b>560,36</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: (CONAB, 2012).

A cana-de-açúcar caracteriza-se por ter hábito ereto, inflorescência em forma de espiga, crescimento do caule em colmos, folhas com lâminas de sílica em suas bordas e bainha aberta (MOZAMBANI et al., 2006), pertence à família Poaceae, gênero *Saccharum*, da divisão das Magnoliophyta, classe Liliopsida, ordem Cyperales (DINARDO-MIRANDA et al., 2008). A cana-de-açúcar é uma planta de metabolismo fotossintético C4, sendo altamente

eficiente na conversão de energia radiante em energia química (OLIVEIRA et al., 2004). Considerada planta perene, sendo o cultivo comercial mantido enquanto níveis adequados de produtividade se mantêm. A cultura de cana-de-açúcar se desenvolve melhor em solos com boa aeração, férteis, profundos, argilosos e com boa capacidade de retenção de água (DOORENBOS e KASSAN, 1994; BENVENUTI, 2005).

A planta de cana-de-açúcar se constitui de colmo, folhas, inflorescências e sistema radicular. O colmo, conformado por rizomas (encarregados do crescimento inicial e propagação da planta), nós e entrenós (proporcionam suporte as folhas e as panículas onde se realiza grande parte do intercâmbio vascular da planta), constituindo em reservatório da planta e acumulando grande quantidade de sacarose, principalmente nos internódios basais (CASAGRANDE, 1991). Miocque (1999) e Barbosa et al. (2000) estudaram a correlação entre os colmos e os componentes de produção, encontrando correlação positiva entre o comprimento do colmo e a produtividade.

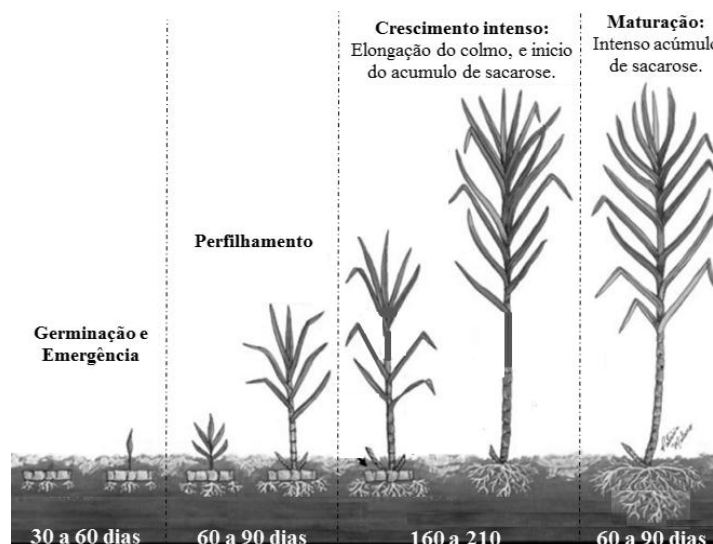
A partir do meristema apical de cada colmo, brotam as folhas, se posicionando de forma alternada e oposta, com uma folha a cada nó. A coloração varia dependendo da posição, idade e variedade da cana e disponibilidade hídrica do solo. Em plantas jovens o número de folhas por colmo é pequeno, aumentando com o crescimento da planta (RAMME, 2010). A folha, responsável da interação planta-atmosfera, realiza as trocas gasosas e de vapor de água por meio dos estômatos e produz a maior parte dos carboidratos necessários para o seu desenvolvimento (HERMANN e CÂMARA, 1999; DINARDO-MIRANDA et al., 2008).

O sistema radicular, composto por rizoma subsuperficial e fasciculado, alcança profundidades de até 5 m com maior concentração nos primeiros 0,50 m (DOORENBOS e KASSAN, 1994). No entanto, a distribuição em profundidade é determinada pelas características da cultura, do genótipo, das condições físico-químicas do solo e a da disponibilidade hídrica. A distribuição e desenvolvimento radicular constituem-se em indicadores de resistência ao ataque de pragas, tolerância à seca, absorção de nutrientes, capacidade de brotação, produtividade, dentre outras (VASCONCELOS e GARCIA, 2005; DINARDO-MIRANDA et al., 2008).

Avaliando os índices de crescimento da parte aérea e do sistema radicular da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), variedade SP 79-1011, estabelecida em Latossolo Vermelho amarelo e irrigada por pivô central, Farias et al. (2008) concluíram que no final do

período de cultivo a concentração da fitomassa de raízes nos primeiros 0,60 m de profundidade foi superior a 90% no cultivo irrigado e 80% no de sequeiro e, de forma geral, 75% das raízes se encontram nos primeiros 0,45 m de profundidade.

Dependendo da variedade e do ambiente no qual se desenvolve, o ciclo fenológico da cultura de cana-de-açúcar pode ter duração inicial de 16 meses para cana-planta e 12 meses para cana-soca, com os mesmos estádios de desenvolvimento, entretanto com duração diferente (Figura 1).



**Figura 1.** Estádios de desenvolvimento das plantas de cana-de-açúcar no ciclo de cana-planta (Adaptado de Magro et al., 2011).

A propagação da cana-de-açúcar ocorre através da brotação de rizomas, colmos e/ou sementes, as quais, uma vez plantadas e com condições favoráveis de temperatura (limitante abaixo de 21°C e acima de 44°C) e umidade do solo, brotam formando colmos (ou novos colmos no caso da propagação por colmos). Neste processo, nos nós do colmo, começa a se formar o sistema radicular (DINARDO-MIRANDA et al., 2008).

Uma vez terminado o desenvolvimento das raízes do tolete, emerge na superfície do solo o broto que posteriormente conformara a planta de cana de açúcar. A emergência ocorre de 20 a 30 dias após o plantio ou após o corte da cana-soca. (CÂMARA, 1993; MOZAMBANI et al., 2006; MAGRO e LACA-BUENDÍA, 2010). A emergência do broto depende do cultivar, do estado nutricional do tolete, da dimensão do entrenó, da umidade no tolete, no solo e no ar, da temperatura ótima e da aeração do solo (CASTRO, 2000).

Após a brotação, no tolete começa-se formar outros rebentos (perfilhos), os quais aparecem de 20 a 30 dias após a emergência do colmo primário (GASCHO e SHIH, 1983), estágio denominado de perfilhamento, ocorre abaixo da superfície do solo, e varia com as características genéticas da variedade de cana. Tanto em cana-planta quanto em cana-soca, o aumento no número de perfilhos pode ocorrer até seis meses de idade, apresentando posterior redução de cerca de 50% e se estabilizando a partir dos nove meses, onde ocorre a cobertura total do solo pela folhagem das plantas (GASCHO e SHIH, 1983; SILVA et al., 2010). Tanto o excesso como a restrição de luminosidade afeta este processo, induzindo a foto-destruição de auxinas sintetizadas no topo da planta e a brotação de gemas laterais, e, reduzindo o alongamento e o perfilhamento (LUCCHESI, 2001).

Após o perfilhamento inicia-se o estágio de crescimento intenso, no qual se formam os colmos, e começa o amadurecimento, atingindo o tamanho final e constituindo-se em colmos industrializáveis, armazenando principalmente a sacarose pela fotossíntese (RAMME, 2010). Neste estágio, as folhas velhas apresentam-se amarelas e secas, o crescimento radicular é maior, localizando-se grande parte das raízes nos primeiros 0,40 m do solo e as plantas alcançam altura acima de três metros, características estas que dependem da variedade e as condições do clima e do solo.

O acúmulo máximo de sacarose só ocorre, quando a planta encontra condições restritivas ao seu crescimento, sendo este processo comumente descrito como amadurecimento. Neste estágio, segundo Benvenuti (2005) devido a restrições térmicas e/ou hídricas, a taxa de crescimento é pouco intensa e os produtos da fotossíntese são destinados principalmente ao armazenamento da sacarose nos colmos. No entanto, ainda que a cana-de-açúcar esteja com alto teor de açúcar com apenas alguns meses de idade, não significa que esteja fisiologicamente madura, em ponto de colheita (RODRIGUES, 1995).

#### **4.1.1. Variedades**

A variedade da cana-de-açúcar define características como: capacidade de brotação de soqueiras, perfilhamento, fechamento de entrelinhas, altura, número de colmos por planta, diâmetro do colmo, comprimento e a largura das folhas, arquitetura da parte aérea, resistência a pragas e a doenças, maturação, produtividade, dentre outras (RODRIGUES, 1995; HOFFMANN et al., 2008; BARBOSA, 2010).

Nas últimas três décadas o desenvolvimento de variedades de cana-de-açúcar geneticamente melhoradas contribuiu ao setor sucroalcooleiro, uma vez que viabilizou acréscimos de mais de 30% na produtividade agrícola. No Brasil existem atualmente quatro programas de melhoramento genético da cana-de-açúcar, a saber: CanaVialis (variedade CV), Centro de Tecnologia Canavieira (variedades CTC e SP), Instituto Agrônomo de Campinas (variedade IAC) e RIDESA (variedade RB) (ALFONSO, 2009).

Segundo o censo varietal e de produtividade de cana-de-açúcar no Brasil, safra 2010/2011 (CTC, 2012), a variedade mais cultivadas no país é a RB86-7515 com 1.311.017 ha, que corresponde a 23% do total no país. Esta variedade RB86-7515 se caracteriza pelo crescimento rápido, elevada produtividade e teor de sacarose, porte alto e crescimento ereto, colmo de cor verde arroxeado, de alta densidade e fácil despalha.

#### **4.1.2. Necessidade hídrica da cana-de-açúcar e produtividade**

A cana-de-açúcar apresenta consumo anual de água de entre 1.500 a 2.500 mm, assim, aportes de água bem distribuídos ao longo do ciclo, são adequados para a obtenção de altas produções (DOORENBOS e KASSAM, 1994). No entanto, nas diferentes regiões do Brasil nas quais a cana-de-açúcar é cultivada, a produção é realizada em condição de sequeiro (sem irrigação). Desta forma, o aporte hídrico para a cultura ocorre por meio das precipitações naturais, que se não são bem distribuídas ao longo do ano pode acarretar em redução na produtividade por deficiência hídrica (MASCHIO, 2011). Em algumas situações a irrigação de “salvação” também é adotada, em especial logo após o plantio ou corte da cana.

O consumo de água pela planta varia em função da variedade, ciclo da cultura, estágio de desenvolvimento, da disponibilidade de água no solo, do clima e das práticas culturais adotadas (densidade de plantas e/ou espaçamento). A produção e a qualidade da cana-de-açúcar são favorecidas com a adequada disponibilidade de água e nutrientes no solo, principalmente nos estádios de germinação, perfilhamento e crescimento intenso e de restrição hídrica no período de maturação (INMAN-BAMBER e SMITH, 2005), dentre outros fatores.

A eficiência no uso da água (EUA,  $\text{kg m}^{-3}$ ) é definida por Calvache et al. (1997), como a relação entre a produtividade da cultura ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e o volume total de água consumido nos processos fisiológicos de produção ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ). Entre tanto, o seu valor depende diretamente do sistema de irrigação implementado, das condições físicas do solo, das características

atmosféricas, do estado nutricional das plantas, de fatores fisiológicos, da natureza genética e do estágio de desenvolvimento da cultura. Doorenbos e Kassam, (1994) indicam que a EUA pela cultura de cana-de-açúcar irrigada, nos trópicos e subtropicais secos, varia em termos de colmos de 5 a 8 kg m<sup>-3</sup>. Já Inman-Bamber e Smith (2005) afirmam que a EUA em cana-de-açúcar pode atingir valores elevados variando entre 4,8 a 12,1 kg m<sup>-3</sup>, dependendo do acúmulo de biomassa da cultura. Assim, na literatura, são encontrados diferentes valores de EUA, indicando a variabilidade desta em função das condições edafoclimáticas da área de cultivo, do estado nutricional da planta e da variedade cultivada (DINARDO-MIRANDA et al., 2008).

Avaliando a produtividade de colmos e de açúcar, a EUA e os atributos tecnológicos de cinco variedades de cana-de-açúcar de maturação precoce e seis de maturação média à tardia, submetidas ao regime de sequeiro (1.141,4 mm) e à irrigação plena (1.396,6 mm), Oliveira et al. (2011), concluíram que a irrigação plena proporcionou maior EUA, com produção com produção média de 70,2 kg ha<sup>-1</sup> de colmos a mais em comparação ao regime de sequeiro.

Períodos prolongados com baixa disponibilidade hídrica afetam negativamente o desenvolvimento do dossel (podendo diminuir a emissão foliar, a área foliar e o crescimento dos perfilhos, e favorecendo a senescência das folhas e dos perfilhos precocemente), qualidade tecnológica da cultura e a produtividade de colmos e de açúcar (PIMENTEL, 2004; TAIZ e ZEIGER, 2004; INMAM-BAMBER e SMITH, 2005; PINCELLI, 2012).

Com o objetivo de determinar os efeitos do estresse hídrico durante o estágio de crescimento intenso, no desenvolvimento e qualidade da cana-de-açúcar, Wiedenfeld (2000) concluiu que em dois períodos distintos (um com estresse hídrico durante a época de maior evapotranspiração e outro com menor quantidade de chuva), resultaram em redução da produtividade em 8,3 e 15%, e, de 11,7 e 19,1% de açúcar por hectare, respectivamente. Contudo, algumas variedades suportam mais estresse hídrico do que outras, alcançando produtividades mais elevadas.

Como resposta à deficiência hídrica, a planta fecha os estômatos diminuindo as trocas gasosas, as perdas de água por transpiração e a entrada de CO<sub>2</sub>, com alteração no processo fotossintético e, conseqüentemente, da produtividade (GHOLZ et al., 1990; ROSA et al., 1991). Para estabelecimento de adequado manejo da irrigação, visando à maximização da produção e maior economia no uso da água, é necessário manter adequados níveis de

disponibilidade hídrica no solo, principalmente nos estádios de maior exigência hídrica e nos períodos críticos ao déficit hídrico (DOORENBOS e KASSAM, 1994; INMAN-BAMBER e SMITH, 2005).

Para o monitoramento da umidade do solo existem diferentes técnicas, diretas ou indiretas como o método gravimétrico, sonda de nêutrons (TIMM et al., 2002; CRUZ et al., 2005), tensiômetros e curva de retenção (KIEHL, 1979), TDR - reflectometria no domínio do tempo (MERRIAM e KELLER, 1978; SOUZA et al., 2006; BRITO et al., 2009), FDR - reflectometria no domínio da frequência (FARES e ALVA, 2000; PIRES et al., 2011), dentre outros, as quais são implementadas dependendo da disponibilidade de recursos, facilidade de aplicação e grau de conhecimento da técnica.

A técnica do TDR desenvolvida por Topp et al. (1980), baseia-se na relação entre a constante dielétrica ( $K_a$ ) de um meio e a umidade do mesmo. Dentre as vantagens que a técnica apresenta esta a realização de avaliações de forma não destrutiva, facilidade de operação, possibilidade de realização de leituras em tempo real, com automação e com boa precisão. No entanto, seu uso é limitado, pelo alto custo de aquisição do equipamento (seu uso esta restrito principalmente a pesquisa), pela necessidade de calibração de acordo a cada tipo de solo e à necessidade de conhecimento técnico especializado (COELHO e ARRUDA, 2001; CICHOTA e VAN LIER, 2004).

As sondas utilizada para a medição da  $K_a$  no solo, devem ser calibradas de acordo com o tipo de solo, de maneira a obter uma estimativa da umidade volumétrica ( $\theta$ ), segundo a metodologia proposta por Topp et al. (1980), a partir dos valores de  $K_a$ . Para a seleção da equação, Roque (2007) determinou uma calibração com dados obtidos no laboratório e no campo, em 2005 e 2006, para um Latossolo Vermelho Distroférico na região de Campinas-SP. Desta forma, o autor ajustou a equação (1) com coeficiente de determinação satisfatório com baixos valores de erro médio absoluto percentual ( $EMAP = 4,04\%$  e  $R^2 = 81\%$ ).

$$\theta = 8,488 + 2,111K_a - 0,04805K_a^2 \quad (1)$$

Onde:  $\theta$  – umidade volumétrica do solo (%), e  $K_a$  – Constante dielétrica aparente (adimensional).

Além da disponibilidade de água nos horizontes superficiais, é necessário conhecer as quantidades de água perdidas pela evaporação direta da água da superfície do solo e pelas



culturas, com o intuito de realizar por meio da irrigação a reposição das mesmas. Allen et al. (1998), indicam que o conceito de evapotranspiração considera três diferentes processos: Evapotranspiração do cultivo de referencia ( $ET_o$ ): relacionado com o clima, e expressa a demanda de evaporação da atmosfera; Evapotranspiração do cultivo sob condições padrões ( $ET_c$ ): evapotranspiração na área de cultivo em condições ótimas, ou seja, com excelente manejo e adequado aporte de água resultando em máxima produção de acordo as condições climáticas.

Para a estimativa da  $ET_o$  é comumente usado o metodo Penman-Monteith (Equação 2) conforme Allen et al. (1998), sendo o método recomendado pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (CARVALHO et al., 2011).

$$ET_o = \frac{0,48\Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,3u_2)} \quad (2)$$

Onde  $ET_o$  - evapotranspiração de referência, ( $mm \text{ dia}^{-1}$ );  $R_n$  - radiação líquida sobre a superfície da cultura, ( $MJ \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ );  $G$  - densidade do fluxo de calor do solo, ( $MJ \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ );  $T$  - temperatura do ar medida a 2 m de altura, ( $^{\circ}C$ );  $u_2$  - velocidade do vento medida a 2 m de altura, ( $m \text{ s}^{-1}$ );  $e_s$  - pressão de saturação de vapor, (kPa);  $e_a$  - pressão atual de vapor, (kPa);  $e_s - e_a$  - déficit de pressão de saturação de vapor, ( $kPa \text{ } ^{\circ}C^{-1}$ );  $\Delta$  - tangente à curva de saturação de vapor, ( $kPa \text{ } ^{\circ}C^{-1}$ ) e  $\gamma$  - constante psicrométrica, ( $kPa \text{ } ^{\circ}C^{-1}$ ).

O conhecimento da evapotranspiração de referência e da evapotranspiração da cultura tem fundamental importância para o dimensionamento e o manejo da irrigação, contribuindo para aumento da produtividade e otimização do uso da água e da energia elétrica (MIRANDA e BLEICHER, 2001). Assim, a estimativa da  $ET_c$  esta em função da  $ET_o$  e do coeficiente de cultura ( $K_c$ ) (equação 3).

$$ET_c = ET_o \times K_c \quad (3)$$

Onde  $ET_c$  - evapotranspiração da cultura,  $ET_o$  - evapotranspiração de referencia e  $K_c$  - coeficiente da cultura de cana-de-açúcar para cada estágio de desenvolvimento.

O  $K_c$  foi proposto inicialmente por Van Wilk e Vries (1954), citado por Melo (2001), e é a razão entre a  $ET_o$  e  $ET_c$ . Doorenbos e Pruitt (1977) e Doorenbos e Kassam (1981), apresentam valores do  $K_c$ , para os diferentes estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar, conforme apresentado na Tabela 2.

**Tabela 2.** Coeficientes da cultura (Kc) para cana-planta e cana-soca nos diferentes estádios de desenvolvimento (adaptado de Doorenbos e Pruitt (1977) e Doorenbos e Kassam (1981))

Idade da planta (Meses)		Estádio de desenvolvimento	Coeficiente da cultura (Kc)
Cana-planta	Cana-soca		
0 - 2	0 - 1	Germinação e brotação	0,8
2 - 5	1 - 3	Perfilhamento	1,1
5 - 16	3 - 10	Crescimento intenso	0,9
16 - 18	10 - 12	Maturação	0,6

Considerando a susceptibilidade da cana-de-açúcar ao déficit hídrico nos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura, a qual pode refletir sobre a sua produtividade e qualidade, a implementação da irrigação assim como a escolha do sistema de aplicação de água, surgem como técnicas e ferramentas que podem contribuir com o manejo adequado da cultura pelo suprimento das suas necessidades de água, naquelas épocas de restrição hídrica.

#### 4.1.3. Área foliar e Índice de área foliar

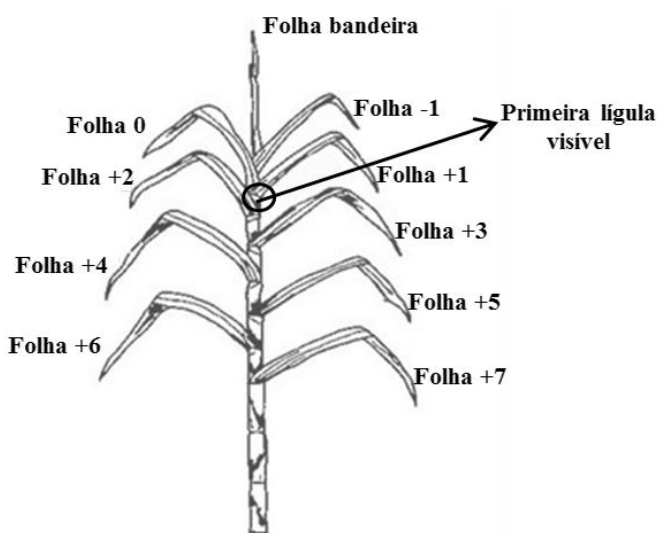
A área foliar (AF) está relacionada com a interceptação da radiação solar, fotossíntese e com o processo respiratório, aspectos vinculados à acumulação de biomassa e à produtividade, constituindo-se em informação necessária para a modelagem do desenvolvimento, crescimento, manejo e rendimento agrônômico da cultura (ELINGS, 2000; OLIVEIRA et al., 2007). O índice de área foliar (IAF) é uma medida adimensional que representa AF da planta por unidade de área do solo que esta pode ocupar ( $m^2$  de área foliar por  $m^2$  de área de solo), e depende da densidade populacional, da variedade, e do estágio fenológico da planta.

Na avaliação do desenvolvimento foliar em cultivares de cana-de-açúcar, no ciclo de cana-planta, e seu efeito sobre o rendimento final, Oliveira et al. (2007) concluíram que o elevado perfilhamento, aliado à maior área foliar influenciaram negativamente a produção de massa seca total da cultivar RB85-5536, diminuindo o seu potencial de rendimento. Por outro lado, a cultivar RB72-454 obteve valores intermediários de IAF (em torno de 4,0) durante a fase de crescimento intenso, mantendo esse índice até o final do ciclo, o que pode ter influenciado positivamente o seu rendimento final, possivelmente pelo menor gasto energético para a produção de folhas. Segundo Teruel et al. (1997), o efeito do déficit de água no solo sobre o IAF não é linear, variando de acordo com a intensidade do déficit, quando baixo, a taxa de crescimento do IAF diminui mais do que a taxa de evapotranspiração, e o inverso ocorre quando o déficit hídrico é intenso.

O IAF é efetivo para avaliar a rendimento final da cana-de-açúcar, sendo que os maiores valores durante o ciclo de desenvolvimento se relacionam com a maior produção final de colmos. Desta forma, o conhecimento do desenvolvimento da área foliar, bem como da arquitetura do dossel vegetativo, em diferentes variedades de cana-de-açúcar, tem melhor correlação com o rendimento final (TERUEL et al., 1997; OLIVEIRA et al., 2007).

Avaliando o IAF ao longo do ciclo anual de oito variedades de cana-de-açúcar (RB92-579, RB86-3129, RB93-1003, RB93-509, RB72-454, RB86-7515, RB95-1541 e RB97-1755) e sua relação com a produtividade da cultura cultivada sob condição de sequeiro, Silva et al. (2009) determinaram que no primeiro estágio da cultura as variedades RB92-579, RB93-509, RB72-454, apresentaram valores acima de 90% de correlação entre IAF e produtividade. No estágio de crescimento intenso, as melhores correlações foram obtidas nas variedades RB95-1541 e RB93-1003, com valores acima de 95%. Na fase final do ciclo da cultura, as variedades RB86-7515, RB86-3129, RB97-1755, apresentaram correlações de 62%, 80% e 97% respectivamente.

Segundo o descrito por Inman-Bamber (2004) a produção foliar é frequente e rápida durante o estágio de crescimento intenso, chegando a atingir valores de IAF de 6 ou 7, o qual pode estar influenciado pela alta eficiência fotossintética da planta (SINCLAIR et al., 2004) neste estágio. Assis et al. (2004), estudando o efeito nos parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar cultivada sob diferentes lâminas de irrigação e adubação, encontraram como valor máximo do IAF 7,60.



**Figura 2.** Sistema de numeração de folhas de Kuijper (VAN DILLEWIJN, 1952).

A escolha da folha usada na mensuração da AF é realizada levando em consideração a numeração das folhas proposta por Kuijper citado em Van Dillewijn (1952). Adotando esta classificação considera-se como +1 a primeira folha de cima para baixo, que se apresenta inserida com a aurícula ou lígula (colarinho) bem visível. A partir da folha +1 para baixo as folhas recebem a numeração +2, +3, e assim sucessivamente, da mesma forma, acima da folha +1 são numeradas 0, -1, -2, etc. (Figura 2). Para a determinação da AF, usualmente é utilizada a folha +3 por ser uma folha madura e totalmente desenvolvida.

A medição da área foliar pode ser realizada por procedimentos destrutivos e não destrutivos, cuja seleção dependerá das características da cultura, tamanho do experimento, quantidade de amostras, nível de precisão requerido e da disponibilidade de tempo, operadores e equipamentos (ELINGS, 2000).

Um dos métodos destrutivos mais utilizados para a obtenção da AF é o sugerido por Francis et al. (1969) desenvolvido inicialmente para a cultura do milho. Esta metodologia consiste na medição do comprimento e largura de todas as folhas da planta, sendo estas medidas corrigidas por um fator de forma correspondente a 0,75 (segundo o autor a área de uma folha de milho corresponde a 75% da área retangular calculada).

Posteriormente, Hermann e Câmara (1999) com base na metodologia de Francis, propuseram um método para estimar a AF da cana-de-açúcar, mais rápido, sem promover a destruição das plantas, no qual é medido unicamente o comprimento e a largura da folha +3 (folha adulta totalmente desenvolvida). A equação 4, proposta pelos autores é apresentada abaixo:

$$AF = (C \times L \times 0,75) \times (NFV + 2) \quad (4)$$

Onde C – comprimento da folha estudada, L – largura da folha estudada, 0,75 – fator de forma, NFV – número de folhas verdes com pelo menos 20% de área verde (folha 0 até folha +7), 2 – fator de ponderação para folhas que ainda não estão expandidas completamente.

A comparação entre as equações apresentadas por Francis et al. (1969) e Hermann e Câmara (1999) para estimar AF e a densidade populacional de duas variedades de cana de açúcar (RB86-7515 e RB92-579) cultivadas sob diferentes doses de fosforo, foi realizada por Silva et al. (2007). Estes autores concluíram que a estimativa da AF, com a utilização da folha +3, constitui-se em uma alternativa ao método convencional, encontrando correlação entre os

resultados obtidos pelos dois métodos, superior a 95%. O IAF é estimado conforme a (equação 5).

$$\text{IAF} = \left( \frac{\text{AF}}{\text{AS}} \right) \quad (5)$$

Onde IAF – Índice de área foliar ( $\text{m}^2 \text{ m}^{-2}$ ), AF – área foliar da planta ( $\text{m}^2$ ), AS – área ocupada pela planta ( $\text{m}^2$ ).

#### **4.1.4. Trocas gasosas na cana-de-açúcar**

A condutância estomática ( $g_s$ ) é definida como o mecanismo fisiológico que as plantas possuem para o controle da transpiração (JARVIS e MCNAUGHTON, 1986), e é freqüentemente utilizada como indicador da deficiência hídrica do solo (McDERMIT, 1990), já que como resposta a esta deficiência, a planta fecha os estômatos reduzindo a taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$ , e, por conseguinte a fotossíntese. Em caso extremo, em que as perdas por transpiração podem afetar de forma irreversível, o crescimento ou a sobrevivência da planta, os estômatos tendem a fechar completamente, limitando a entrada de  $\text{CO}_2$  (PIMENTEL, 2004).

Desta forma com o fechamento estomático diminuem-se as trocas gasosas, as perdas de água por transpiração e a entrada de  $\text{CO}_2$ , com alteração no processo fotossintético e conseqüentemente na produtividade (GHOLZ et al., 1990; ROSA et al., 1991). Para estabelecimento de adequado manejo da irrigação, visando à maximização da produção e maior economia no uso da água, é importante conhecer as respostas de alguns atributos fisiológicos da planta às variações da disponibilidade hídrica no solo, principalmente nos estádios de maior exigência hídrica e nos períodos críticos ao déficit hídrico (DOORENBOS e KASSAM, 1981; INMAN-BAMBER e SMITH, 2005; PAIVA, 2005).

Para avaliação da  $g_s$  em condições de campo são utilizados equipamentos como porômetro ou IRGA (Analisador de gás infravermelho) para a realização de medições indiretas e monitoramento (ANGELOCCI, 2002; CALBO, 2007). Dentre as vantagens que o uso do IRGA apresenta esta a possibilidade de em só uma medição obter os valores de diferentes variáveis ao mesmo tempo como a condutância estomática, fotossínteses, transpiração, temperatura da folha, entre outros; podem ser realizadas medidas em campo ou em laboratórios em tempo real, com automação e com precisão. Por outra parte, o seu custo limita

o seu uso para pesquisa, apesar de ser um equipamento transportável, tem como limitação o seu peso, o qual dificulta a realização das medições em culturas como a cana-de-açúcar que alcançam alturas superiores aos 3 m e nas quais são necessárias os uso de escadas ou andaimes para medir a folha de interesse que usualmente é a folha +3.

#### **4.1.5. Parâmetros tecnológicos e produtividade da cana-de-açúcar**

A qualidade da cana-de-açúcar é avaliada pela massa dos colmos e pelo teor de sacarose. No entanto, Stupiello (1987) considera que a qualidade ainda depende de um grupo de variáveis e não apenas do seu rendimento em sacarose, apesar de considerar este parâmetro como principal. CONSECANA (2006) define a qualidade da cana-de-açúcar como a concentração total de açúcares (sacarose, glicose e frutose) recuperáveis no processo industrial, expressa em kg por tonelada de cana.

A verificação do rendimento e qualidade da cana-de-açúcar pode ser realizada por meio da determinação dos seguintes parâmetros tecnológicos, a saber: peso do bagaço úmido (PBU), Fibra (Fb), teor de sacarose aparente do caldo (Pol), teor de sacarose aparente da cana (PC), teor de sólidos solúveis (Brix), pureza (Pu), açúcares redutores do caldo (AR), e açúcar teórico recuperável (ATR), sendo possível, a partir do conhecimento destes parâmetros estabelecer critérios técnicos para comercialização da cana (VARELA, 2002).

As análises de qualidade de matéria-prima para avaliação dos parâmetros tecnológicos e dos parâmetros industriais são realizadas a partir do caldo da cana. No estado de São Paulo, alguns dos parâmetros tecnológicos são determinados em laboratório (PBU, Brix e Pol) e outros calculados por equações (F, PC, Pu, AR, e ATR), de acordo com o estabelecido pela CONSECANA (2006).

De acordo com diferentes autores (MARQUES, 2001; RIPOLI e RIPOLI, 2004; ASSIS et al., 2004) a cana de açúcar para ser industrializada deve apresentar, certos valores de indicadores da qualidade, conforme apresentados na

Tabela 3.

A avaliação de algumas variáveis morfológicas como, altura da planta, diâmetro do colmo, número de plantas por metro linear, área foliar e produção, tornam possível a identificação da capacidade produtiva da cultura, além de analisar os efeitos dos diferentes fatores que influenciam no desenvolvimento da variedade avaliada (OLIVEIRA et al., 2010).

**Tabela 3.** Indicadores da qualidade e valores recomendados para industrialização da cana-de-açúcar.

<b>Indicadores</b>	<b>Valores recomendados</b>
Pol	> 14 %
Brix (caldo)	> 18%
Pureza (Pu)	Entre 80 e 85 %
Açúcares totais redutores (ATR)	> 15 % maior possível
Açúcares redutores (AR)	< 0,8 %
Fibra (Fb)	11 a 13 %

A produtividade da cana-de-açúcar é a razão entre a produção colmos (toneladas) e a área colhida (hectares), o qual é função do perfilhamento, porém, maior numero de perfilhos não é um indicativo de maior produtividade. Em cana-de-açúcar irrigada, alguns dos fatores que influenciam a resposta de produtividade são: condições do solo e clima, idade de corte do cultivo (SMIT e SINGELS, 2006), quantidade de água e fertilizantes aplicados (DANTAS NETO et al., 2006) e manejo da irrigação (RAMESH et al., 1994). Segundo Thiago e Vieira (2002) nas condições de Brasil, a produção de cana-de-açúcar (não irrigada) integral fresca por hectare por corte pode variar entre 60 e 120 toneladas, por um período de até cinco anos, sendo que a maior produtividade se obtém no ciclo da cana-planta.

No geral, a produtividade do cultivo da cana-de-açúcar, diminui com o aumento dos estágios de corte (Tabela 4), sendo necessária a reforma do canavial, no momento em que a produtividade alcança níveis economicamente não justificáveis (aproximadamente cinco anos após o plantio).

**Tabela 4.** Valores da produtividade média da cana-de-açúcar por ciclo de corte, para os anos safras de 1998 até 2003.

<b>Corte</b>	<b>Produtividade média (t ha<sup>-1</sup>)</b>
1° - cana de ano	79
1° - cana de ano e meio	110
2° - 1ª soca	89
3° - 2ª soca	78
4° - 3ª soca	71
5° - 4ª soca	68
Outros cortes	68

Fonte: CTC (2004).

A qualidade e produtividade da cultura de cana-de-açúcar, assim como a longevidade da mesma, estão em função de parâmetros como o ambiente de produção, nutrição, disponibilidade de água, variedade, entre outros, os quais devem ser manejados e controlados de forma racional e eficiente favorecendo o processo industrial da cana-de-açúcar.

## 4.2. Reuso de água para irrigação

O problema da escassez da água para o setor agrícola no mundo, não está restrito às regiões áridas ou semiáridas, inclui também as regiões que dispõem do recurso hídrico, porém, seu uso está limitado para os setores da sociedade que requerem águas de ótima qualidade, (uso industrial e doméstico). O conceito de “substituição de fontes” é aplicável e deve ser adotado para satisfazer as demandas de setores com menos restrições em relação à qualidade da água, para que as águas de melhor qualidade se destinem ao consumo humano (HESPANHOL, 2002).

Neste contexto, Bouwer e Chaney (1974) e Feigin et al. (1991), indicam que o uso de efluente de esgoto tratado (EET) na irrigação, difere da aplicação somente de água, uma vez que contém compostos orgânicos naturais e sintéticos, macronutrientes (especialmente nitrogênio e fósforo) e os microrganismos patogênicos que estiverem presentes. O EET pode ser usado para diferentes fins (urbano, aquicultura, agricultura, recarga de aquíferos e indústria), no entanto, a qualidade e o tratamento deverão seguir critérios de segurança operacional e, ter custos de operação e manutenção compatíveis com o objetivo específico da atividade (HESPANHOL, 1997; HESPANHOL, 2002).

A caracterização química do esgoto é de fundamental importância para a tomada de decisão quanto à disposição em solos agrícolas, estabelecimento das taxas de aplicação, e, principalmente, para o monitoramento dos seus efeitos no sistema solo-planta-água (ABREU JUNIOR et al., 2005). Na Tabela 5, são apresentadas as vantagens e limitações do uso de EET na agricultura, enumeradas por Hespagnol (2002).

**Tabela 5.** Vantagens e limitações do uso de efluentes de esgoto tratado na agricultura.

VANTAGENS	LIMITAÇÕES
<ul style="list-style-type: none"><li>• Evita a descarga de esgotos em corpos de água.</li><li>• Contribui com a redução de danos ao meio ambiente.</li><li>• Favorece a preservação dos recursos hídricos subsuperficiais.</li><li>• Promove economia de água e fertilizantes.</li><li>• Favorece o acúmulo de “húmus”, ajudando na conservação do solo pelo controle da erosão.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Poluição de aquíferos subterrâneos utilizados para abastecimento de água, principalmente por nitratos.</li><li>• A adoção da irrigação por longos períodos pode gerar acúmulo de compostos tóxicos, orgânicos e inorgânicos.</li><li>• Risco de entupimento do sistema de irrigação.</li><li>• Precisa de sistema de drenagem adequado.</li><li>• Pode favorecer habitats propícios para vetores de transmissão de doenças.</li></ul>

Fonte: Hespagnol (2002).



O uso e a disposição de esgoto tratado na agricultura devem considerar a legislação estipulada pelo Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, na Resolução No. 375, de 29 de agosto de 2006, a qual define os critérios e procedimentos para o uso em áreas agrícolas, de lodo de esgoto gerado em estação de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, com vistas a beneficiar à agricultura e evitar riscos à saúde pública e ao ambiente (BRASIL, 2006). Além disto, o uso de efluente de esgoto tratado em solos deve ser constantemente monitorado, evitando assim a contaminação do sistema solo-água-planta (BERTONCINI, 2008).

O uso de EET e a sua disposição na agricultura, deve ser objeto frequente de estudos e pesquisas de maneira a contribuir com o estabelecimento de normas e regulamentações que permitam o uso adequado destes, reduzindo os impactos negativos produzidos ao ambiente e à saúde humana, reduzindo o uso de fertilizantes minerais e influenciando positivamente no desenvolvimento e produtividade das culturas.

#### **4.2.1. Aplicação de efluente de esgoto tratado (EET) na cultura de cana de açúcar**

Além dos nutrientes, a aplicação de esgotos proporciona a adição de matéria orgânica, que age como condicionador do solo, podendo aumentar a capacidade de retenção de água (WHO, 1989). Na maioria dos casos, a irrigação de culturas com EET pode alterar as propriedades químicas do solo, com diminuição na acidez do solo, incremento nas concentrações e na porcentagem de troca de sódio, efeitos combinados pelo potássio e magnésio, e aumento de Ca trocável (FONSECA et al., 2007).

Estudando os efeitos da aplicação de EET com aplicação via fertilização de 50% da dose de nitrogênio recomendada e sob diferentes taxas de irrigação (100, 125, 150 e 200% da demanda hídrica da cultura), na produtividade, extração de nutrientes pelo colmo, e nos atributos químicos de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar, em Lins -SP, Leal et al. (2009), indicaram que todas as parcelas irrigadas, com exceção do T125, apresentaram maior produtividade (até 247 t ha<sup>-1</sup>) do que o controle (153 t ha<sup>-1</sup>). Além disto, os resultados obtidos indicaram que produções na faixa de 175 a 250 t ha<sup>-1</sup> são possíveis com a irrigação com águas residuárias e manejo adequado, pelo menos no curto prazo, considerando o primeiro corte.

Avaliando o desempenho produtivo e qualitativo da cana-de-açúcar variedade SP90-3414, cultivada em Piracicaba-SP em Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico típico e irrigada

por gotejamento subsuperficial com efluente de estação de tratamento de esgoto (EETE), Deon et al. (2010) concluíram que a aplicação deste tipo de efluente via gotejamento subsuperficial permite reduzir a fertilização nitrogenada recomendada no cultivo, na primeira e segunda socas. Freitas et al. (2012) observaram maiores valores de altura do colmo e da planta e diâmetro do colmo, avaliados durante o desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar, quando irrigadas com águas residuárias tratadas em comparação a aplicação de água de poço freático.

O uso de EET na agricultura irrigada deve ser adotado com monitoramento e estudo dos problemas potenciais considerando a qualidade do efluente. Desta forma, deve-se alcançar adequação às funções desejadas na agricultura, controlando e monitorando os prováveis inconvenientes que poderão ocorrer no sistema solo-planta-atmosfera, no sistema de irrigação e à saúde pública (SANDRI, 2003).

Os sistemas de irrigação localizados têm como característica a utilização de emissores que operam a baixas vazões, com a passagem da água por orifícios de pequeno diâmetro. No entanto, o principal problema associado à operação destes sistemas é a sensibilidade ao entupimento dos emissores, uma vez que elevam os custos de operação e manutenção (NAKAYAMA e BUCKS, 1981). O sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial (IGS) é caracterizado por Azevedo (1986) e Keller e Bliesner (1990) como aquele que tem o solo como meio de propagação da água, no qual os emissores ficam sob a superfície do solo na camada onde se concentra o sistema radicular das plantas. Na literatura, são identificadas as vantagens e limitações da adoção do sistema de IGS, a saber:

#### **Vantagens:**

- Promove a economia de água e nutrientes e sua disponibilidade para a planta, assim como a alta eficiência de aplicação (AYERS e WESTCOT, 1999; ENCISO et al., 2007);
- Reduz a ocorrência de danos mecânicos ao sistema de irrigação (DASBERG e BRESLER, 1985 e JUAN, 2000);
- É eficiente na minimização de perdas por evapotranspiração, diminui os riscos de lixiviação do íon nitrato e de transmissão de doenças causadas por fungos e bactérias, reduzindo os prejuízos ao meio ambiente e saúde humana (CAMP, 1998; RESENDE et al., 2001);

- Em relação aos sistemas superficiais, o gotejamento apresenta menor área superficial molhada (a formação de crostas e o escoamento superficial são praticamente inexistentes), maior largura e profundidade da frente de umedecimento (BARROS et al., 2009).

#### **Limitações:**

- Após do plantio, não proporciona condições satisfatórias de umidade para a germinação na superfície do solo, sendo necessário o uso de um segundo sistema de irrigação, aumentando os custos e reduzindo o retorno econômico (CAMP, 1998);
- Necessidade de utilizar sistemas de filtragem e aplicação de ácidos para evitar e ou minimizar o entupimento dos gotejadores por sólidos (materiais em suspensão na água), precipitados químicos e partículas biológicas (intrusão radicular) (DASBERG e BRESLER, 1985 e JUAN, 2000);
- Dificuldade para detecção de entupimento de gotejadores (DASBERG e BRESLER, 1985 e JUAN, 2000);

A profundidade de instalação das linhas de gotejamento subsuperficial, é selecionada de acordo com a cultura, tipo de solo, fonte de água, pragas, clima, equipamentos de preparo do solo, dentre outros. Linhas instaladas próximas à superfície do solo (<0,20 m de profundidade) têm características semelhantes às de irrigação por gotejamento superficial. O sistema de gotejamento subsuperficial destinados para vários anos de uso, deve ser instalado abaixo da profundidade de preparo do solo com a finalidade de evitar os danos mecânicos ao sistema (CHARLESWORTH e MUIRHEAD, 2003; LAMM, 2012). No caso de cultivo da cana, o solo não será revolvido enquanto as plantas não forem erradicadas, mas, ainda assim, o sistema instalado mais próximo à superfície do solo fica mais susceptível a danos mecânicos.

Os sistemas de irrigação por gotejamento que operam com EET apresentam suscetibilidade ao entupimento dos gotejadores, sendo que este varia com a qualidade dos efluentes (aspectos físicos, químicos e biológicos) e com as características do emissor (CAPRA e SCICOLONE, 2007). Neste contexto, o sistema de IGS, se constitui em tecnologia que atualmente vem sendo utilizada para aplicação de EET na agricultura, no entanto, deve ser realizado adequado manejo, operação e manutenção do sistema para a obtenção de ótimos resultados e favorecer a longevidade do sistema.

### 4.3. Fertirrigação

O manejo da irrigação e da fertilização (fertirrigação) por gotejamento potencializa aumento das características fisiomorfológicas de produtividade, bem como a eficiência de utilização dos nutrientes em comparação com o manejo não irrigado (THORBURN et al., 2003; GAVA et al., 2011). Considerando que no sistema IGS, o emissor se localiza na região com maior concentração de raízes, a principal vantagem em relação aos outros sistemas de irrigação, é que a água e os fertilizantes ficam mais facilmente disponíveis para a planta. Assim, ao aplicar os nutrientes diluídos, na zona radicular em taxas iguais às que as culturas absorvem, a eficiência de absorção de fertilizantes aumenta, promovendo a redução da aplicação de fertilizantes, e controlando o potencial de perdas de nutrientes solúveis por lixiviação (PHENE, 1990).

Usualmente para a fertirrigação na cultura da cana-de-açúcar são utilizados adubos químicos, ou resíduos industriais ou sanitários, como a vinhaça e os EET. Porém, na área agrícola cultivada com cana-de-açúcar, nem sempre há disponibilidade de resíduos, devido principalmente à distância da área de cultivo até a indústria, inviabilizando economicamente o seu transporte considerando que aproximadamente 95% da vinhaça esta composta por água (DELGADO et al., 1990).

Estudando os efeitos da fertirrigação por gotejamento subsuperficial (instalado a 0,30 m de profundidade), na produtividade e índices tecnológicos da cana-de-açúcar variedade RB72-454, no segundo e terceiro ciclos de cultivo, Dalri e Cruz (2008), concluíram que o tratamento com maior dose de NK teve a melhor resposta em produção de colmos, sendo estas de 190,01 t ha<sup>-1</sup> e de 168,80 t ha<sup>-1</sup> para o segundo e terceiro ciclos, respectivamente. A fertirrigação não alterou a qualidade tecnológica da cana-de-açúcar nos dois ciclos estudados, porém, proporcionou incrementos na produção de colmos em relação à testemunha (sem irrigação e adubação convencional), de 43,5% e 67,2%, para o segundo e terceiro cortes, respectivamente.

Para o cálculo da dose de EET a ser aplicada no solo como fertilizante, ou seja, como biossólido, é importante conhecer previamente a composição química (ABREU JUNIOR et al., 2005). Segundo Sabey (1980) e Munhoz (2001) a maioria dos nutrientes presentes no esgoto está sob a forma orgânica, embora apenas cerca de 30 a 50 % do N total esteja na forma prontamente aproveitável pelas plantas.

O estudo realizado por Silva (2010) indica que a utilização EET na cultura da cana-de-açúcar, promoveu incremento de produção de biomassa de colmos e a produtividade de açúcar sem alterar as variáveis tecnológicas. O autor ainda ressalta que o EET atuou como fertilizante e corretivo de acidez para a cana-de-açúcar, como fonte de Ca, P, S e Zn, propiciando melhor perfilhamento e aumento da produtividade agrícola.

Na avaliação do desempenho produtivo e qualitativo da cana-de-açúcar irrigada por gotejamento subsuperficial com EETE, Deon et al. (2010) testaram diferentes lâminas de irrigação (entre 0 e 200% da evapotranspiração máxima da cultura), em dois ciclos de cultivo de cana soca, adubada com metade da quantidade recomendada de nitrogênio (N). Os autores observaram que a irrigação com EETE proporcionou ganhos de produtividade da cana-de-açúcar e redução da adubação nitrogenada recomendada no cultivo da primeira e segunda soca.

Desta forma, quando utilizado EET para a irrigação das culturas, o manejo da fertilização por gotejamento subsuperficial deve considerar não só as necessidades da planta, também, a composição química do efluente, contribuindo com o desenvolvimento agrônomo e tecnológico da cultura de cana-de-açúcar, assim como a diminuição do uso de fertilizantes minerais e por tanto dos valores de produção.

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1. Localização e descrição da área experimental

O experimento foi realizado no campo experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas (FEAGRI/UNICAMP), localizada na Cidade Universitária “Zeferino Vaz” distrito de Barão Geraldo, no município de Campinas, SP com Latitude 22°48'57''S, Longitude 47°03'33''O e altitude média de 640 m (Figura 3).



<sup>1</sup>Área de cultivo com cana-de-açúcar; <sup>2</sup>Casa de bombas; <sup>3</sup>Sistema integrado de tratamento e reuso agrícola de esgoto (SITRAE); <sup>4</sup>Reservatório superficial de água; <sup>5</sup>Área cultivada com cana-de-açúcar destinada para replantio; <sup>6</sup>Estação meteorológica automática; <sup>7</sup>Laboratório de hidráulica.

**Figura 3.** Foto de satélite da área experimental Feagri/Unicamp, Campinas, SP. (Fonte: Google Earth, 2012).

O clima da região segundo a classificação de Köppen é Cwa/Cfa (subtropical/tropical de altitude), com temperatura média anual de 22,4 °C, umidade relativa e pluviometria média total anual de 62% e 1425 mm, respectivamente. O solo da área experimental é o Latossolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2006).

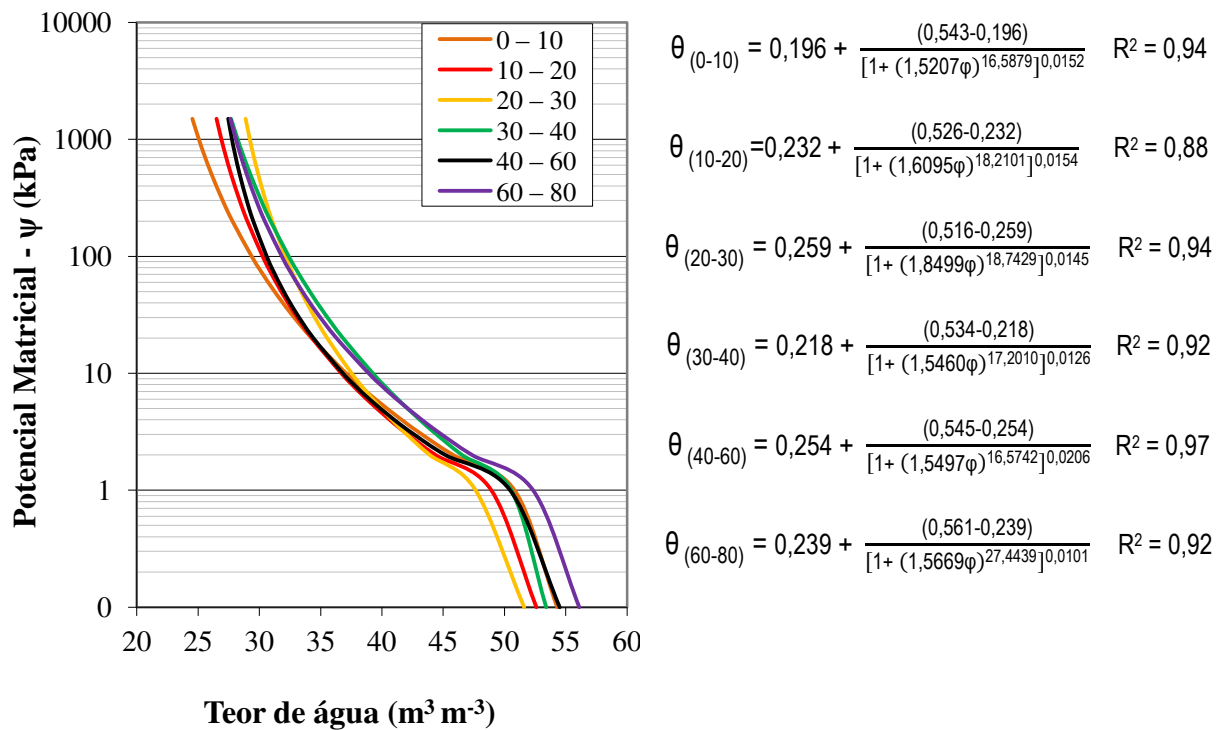
Os parâmetros meteorológicos foram obtidos de estação automática instalada aproximadamente 250 m da área experimental. A evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) e a evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), foram estimadas conforme às equações 1 e 2, respectivamente, apresentadas no capítulo anterior.

Em março de 2011 foram coletadas amostras deformadas e indeformadas de solo da área experimental, em 10 trincheiras selecionadas aleatoriamente, nas camadas de 0 - 0,10; 0,10 - 0,20; 0,20 - 0,30; 0,30 - 0,40; 0,40 - 0,60 e 0,60 - 0,80 m, em 6 repetições. Para coleta

de amostras indeformadas foi utilizado amostrador de Ulhand com anéis de metal com volume conhecido. As amostras indeformadas foram dispostas no laboratório para secar ao ar e à sombra, e peneiradas em peneira de 2 mm.

As amostras deformadas foram envolvidas com filme plástico e papel alumínio para evitar a perda de umidade, e dispostas em resfriador à temperatura controlada. Com as amostras indeformadas foram obtidos os valores da umidade do solo em função do potencial matricial, utilizando-se o método da câmara de pressão de Richards, descrito por Camargo et al. (2009), para confecção das curvas de retenção de umidade para cada camada (Figura 4).

As equações obtidas para a curva de retenção foram ajustadas com o modelo apresentado por VAN GENUCHTEN (1980), utilizando o Software Soil Water Retention Curve – SWRC, desenvolvido por Dourado Neto et al. (2000).



**Figura 4.** Curvas de retenção de umidade para diferentes profundidades do Latossolo Vermelho distroférico, área experimental Feagri/Unicamp, Campinas, SP.

As análises realizadas com as amostras deformadas foram: granulometria (Método da pipeta, CAMARGO et al., 2009), densidade do solo e de partícula e porosidade (macro, micro

e total) (KIEHL, 1979). A água disponível do solo (AD) foi estimada em camadas, por meio da confecção da curva de retenção de água no solo, cujos valores de água disponível, umidade do solo na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente são apresentados na Tabela 6.

Os valores da Capacidade de Água Disponível no solo (CAD) foram estimados segundo REICHART (1990), a partir das curvas de retenção de umidade, densidade aparente e profundidade do solo, pela equação 6, sendo que para a realização do balanço hídrico sequencial, foi considerado o CAD na profundidade de 0 – 0,60 m (77,69 mm).

$$CAD = (\theta_{cc} - \theta_{pmp}) * \rho * z * 10 \quad (6)$$

Onde CAD - Capacidade de água disponível no solo (mm); CC - Capacidade de campo (%); PMP - ponto de murcha permanente (%);  $\rho$  – Densidade aparente do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ ); z – Profundidade da camada do solo (cm).

**Tabela 6.** Atributos físicos do Latossolo Vermelho distroférico, Feagri/Unicamp, Campinas, SP

Camada (m)	Densidade aparente ( $\text{g cm}^{-3}$ )	Porosidade			Textura			Umidade		CAD (mm)
		Total (%)	Macro ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )	Micro	Argila	Silte ( $\text{g kg}^{-1}$ )	Areia	$\theta_{cc}$ (%)	$\theta_{pmp}$	
0-0,10	1,30	0,54	0,12	0,42	567	211	222	37,1	24,54	1,63
0,10-0,20	0,0013	0,55	0,15	0,4	571	205	224	36,7	26,51	1,28
0,20-0,30	0,0013	0,56	0,15	0,41	630	163	207	37,5	28,88	1,13
0,30-0,40	0,0013	0,56	0,15	0,41	634	152	214	39,3	27,69	1,46
0,40-0,60	0,0012	0,57	0,17	0,4	647	157	196	36,8	27,46	2,26
0,60-0,80	1,20	0,58	0,17	0,41	626	162	212	38,9	27,64	2,68

$\theta_{cc}$  – Capacidade de campo;  $\theta_{pmp}$  - Ponto de murcha permanente, CAD – Capacidade de Água Disponível.

Antes da instalação do experimento, seguindo a metodologia da EMBRAPA (1997), foi realizada coleta de amostras de solo em nove pontos da área experimental (pontos localizados na extensão da área em sentido "zig-zag"), na camada 0,0 - 0,20 m de profundidade, para a caracterização dos atributos químicos do solo (Tabela 7).



**Tabela 7.** Atributos químicos do Latossolo Vermelho distroférico, Feagri/Unicamp, Campinas, SP

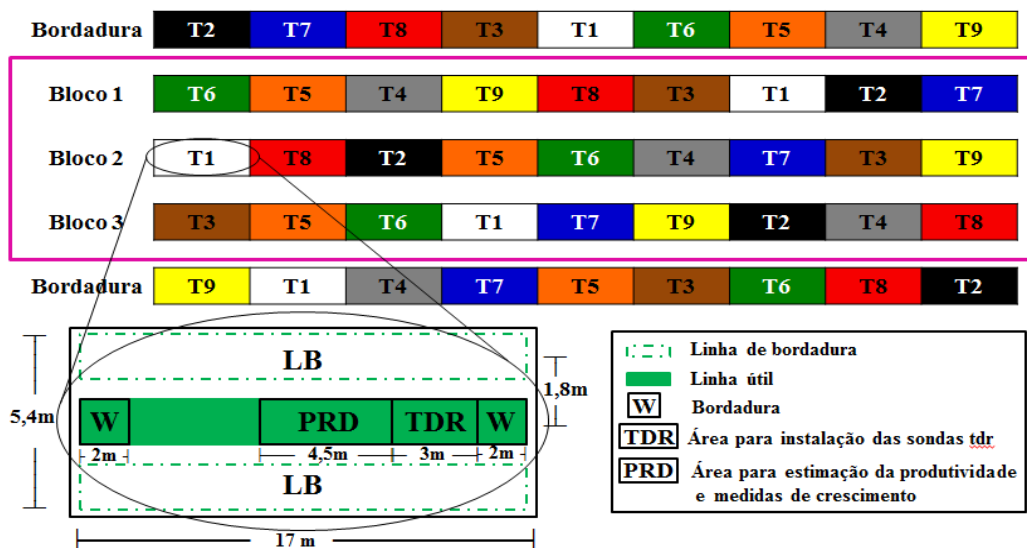
Atributo	Unidade	Valores médios
pH (CaCl <sub>2</sub> )		4,98
P (Mehlich)	mg dm <sup>-3</sup>	19,33
S		15,60
MO	g kg <sup>-1</sup>	37,60
CE	dS m <sup>-1</sup>	0,10
PST	%	0,08
V		66,40
K		5,74
Ca		51,11
Mg		9,40
Na	mmolc dm <sup>-3</sup>	0,08
H + Al		32,60
Al		1,00
CTC		98,70
RAS		0,02

P – Fósforo; S – Enxofre; MO – Matéria orgânica; K – Potássio; Ca – Cálcio; Mg – Magnésio; Na – Sódio; H+Al – Acidez potencial; Al – Alumínio; CTC – Capacidade de troca de cátions; RAS – Razão de adsorção de sódio; CE – Condutividade elétrica; PST – Saturação por sódio; V – Saturação por bases

## 5.2. Delineamento experimental e descrição dos tratamentos

O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados em esquema fatorial (2 x 2 x 2) + 1 ([duas qualidades de água x duas profundidades de instalação do sistema de irrigação x com e sem fertirrigação] + sem irrigação) com 3 repetições. Na área experimental encontram-se dispostas 45 parcelas (5 blocos com 9 tratamentos) (Figura 5), as quais fazem parte de um projeto temático para a análise do desenvolvimento, produção e qualidade da cultura da cana-de-açúcar e estudo de viabilidade de uso do EET aplicado por gotejamento subsuperficial, seus efeitos e impactos ambientais.

Cada parcela é composta por 3 linhas duplas de cana, considerando as duas externas como bordadura (LB) e linha central como linha útil. Os primeiros 2 m das extremidades (no sentido longitudinal) de cada parcela foram considerados como bordadura (Figura 5). O espaçamento entre o centro das linhas duplas (compostas por duas fileiras espaçadas entre si por 0,4 m) foi de 1,8 m. Para o desenvolvimento do presente experimento, foram utilizados os três blocos centrais (3 repetições), totalizando 27 parcelas com área de 91,80 m<sup>2</sup> cada, sendo a área total do experimento de 2480 m<sup>2</sup>, nos quais foram estabelecidos 9 tratamentos (Tabela 8).



**Figura 5.** Esquema do delineamento experimental e detalhe da distribuição das parcelas.

**Tabela 8.** Tratamentos implantados na área experimental da Feagri/Unicamp, Campinas, SP.

Tratamento	Qualidade de água	Profundidade de instalação (m)	Aplicação de fertirrigação
T1 (SI)	Sem irrigação (testemunha)	-	Adubação de cobertura
T2 (EET - 0,20 - C)	Efluente de esgoto tratado (EET)	0,20	Com fertirrigação
T3 (EET - 0,20 - S)			Sem fertirrigação
T4 (EET - 0,40 - C)		0,40	Com fertirrigação
T5 (EET - 0,40 - S)			Sem fertirrigação
T6 (ARS - 0,20 - C)		Água de reservatório superficial (ARS)	0,20
T7 (ARS - 0,20 - S)	Sem fertirrigação		
T8 (ARS - 0,40 - C)	0,40		Com fertirrigação
T9 (ARS - 0,40 - S)			Sem fertirrigação

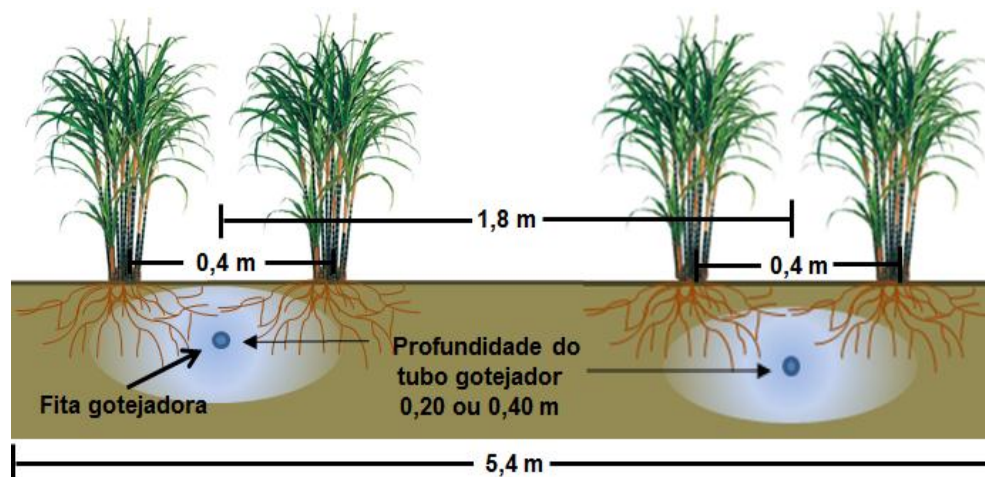
### 5.3. Plantio, variedade da cultura e instalação do sistema de irrigação

O plantio da cana-de-açúcar foi realizado manualmente entre o 18 e 23 de maio de 2011, distribuindo de 5 a 6 toletes por metro linear (média de três gemas por tolete), na profundidade média de 0,30 m, de acordo com o recomendado e utilizado por diferentes autores (COLETI e STUPIELLO, 2006; ANJOS e FIGUEIREDO, 2008; MAGRO e LACABUENDÍA, 2010). Considerando que as baixas temperaturas após a época do plantio afetaram a germinação das plantas, no mês de agosto de 2011, foi realizado o replantio com o fim de uniformizar o estande inicial de plantas. As mudas utilizadas foram retiradas de uma área de aproximadamente 590 m<sup>2</sup>, localizada do lado das parcelas experimentais.

A variedade utilizada foi a RB86-7515, cultivar considerada atualmente a mais plantada do Brasil, desenvolvida pelo programa de melhoramento genético da Cana-de-Açúcar, do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. Essa variedade se caracteriza por crescimento rápido e ereto, porte alto, elevada produtividade e teor de sacarose, colmo de cor verde arroxeado, de alta densidade e fácil de despalhar, com perfilhamento baixo no ciclo da cana-planta e médio na cana soca (BARBOSA et al., 2001). Os ambientes de produção muito favoráveis induzem produtividades agrícolas muito altas e possibilidade de acamamento e atraso na maturação (BARBOSA et al., 2000; HOFFMANN et al., 2008). Os colmos para o plantio foram provenientes da Usina Raízen (Unidade Costa Pinto), localizada no município de Piracicaba – SP.

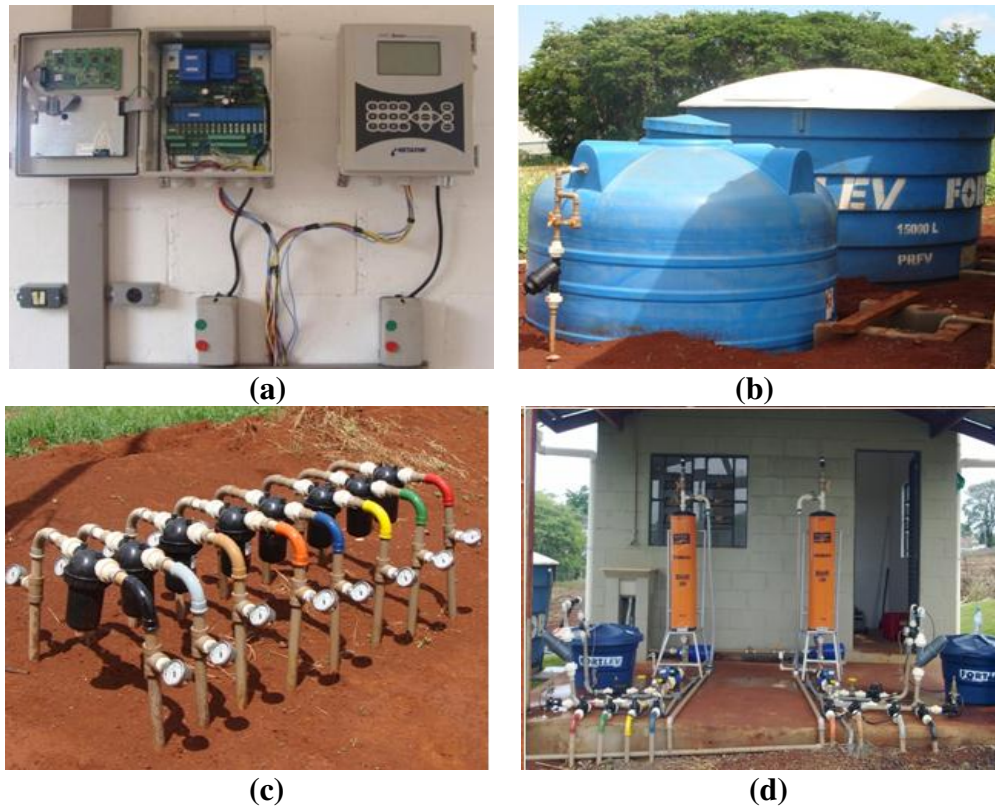
O sistema de irrigação adotado foi por gotejamento subsuperficial, sendo instaladas fitas gotejadoras, com espaçamento entre emissores de 0,55 m e vazão de  $1,0 \text{ L h}^{-1}$ , para tratamentos irrigados com ARS, e espaçamento de 0,65 m e vazão de  $1,6 \text{ L h}^{-1}$ , para tratamentos irrigados com EET. Considerando que as fitas gotejadoras tinham vazões diferentes, ELAUY et al., 2012. realizou testes para analisar a frente de molhamento e o formato do bulbo, onde concluiu que os tamanhos dos bulbos molhados formados pelos gotejadores, são proporcionais aos espaçamentos, portanto equivalentes no seu uso.

O gotejador utilizado tem labirinto com amplas seções de passagem da água que melhoram a resistência a obstruções, com sistema de autolimpeza e ampla área de filtragem (NETAFIM, 2011). As fitas gotejadoras foram instaladas no meio das linhas duplas, nas profundidades de 0,20 m e 0,40 m (dependendo do tratamento) (Figura 6).



**Figura 6.** Profundidades de instalação das fitas gotejadoras entre as linhas de plantas com menor espaçamento.

O cabeçal de controle do sistema de irrigação foi implantado a 10 m da área de cultivo, sendo constituído por dois sistemas idênticos de armazenagem e pressurização. Cada sistema composto por controlador digital (NMC-Junior), caixa de água de 15.000 L, conjunto motobomba, filtro de areia, hidrômetros, ventosas, registros de agulha e gaveta, válvulas de retenção, 4 válvulas solenoides, válvula piloto para alívio de sobrepressão, 4 filtros de disco, manômetros e sistema de fertirrigação com venturi (Figura 7).



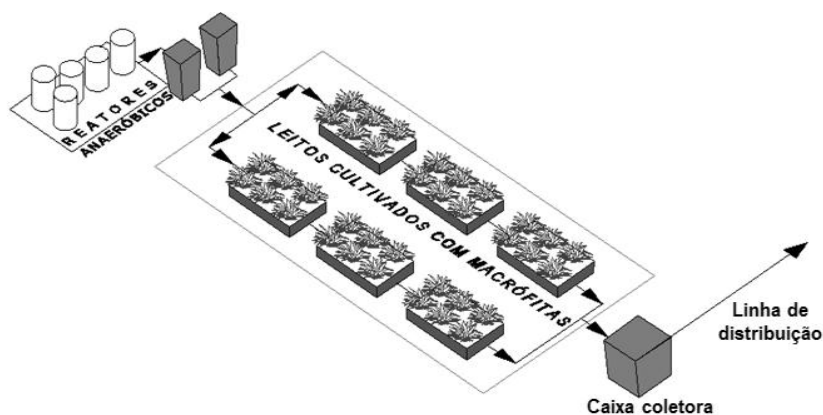
**Figura 7.** Componentes do cabeçal de controle do sistema de irrigação: (a) Automação; (b) Reservatórios de água e efluente; (c) Sistema de filtragem secundário; (d) Sistema de filtragem principal, injeção de fertilizantes e válvulas principais dos tratamentos.

Nas entradas e saídas das parcelas, foram instalados registros de gaveta e válvulas de alívio de pressão. Adicionalmente, no bloco 2, nos cavaletes da entrada de cada parcela, foram instalados manômetros e hidrômetros para controle do sistema de irrigação. Com o objetivo de evitar possíveis entupimentos das fitas gotejadoras, antes da primeira irrigação foi realizada limpeza geral do sistema. A retrolavagem dos filtros de areia era realizada antes de cada irrigação.

#### 5.4. Qualidade da água de reservatório superficial (ARS) e do efluente de esgoto tratado (EET)

A água utilizada para a irrigação era proveniente de reservatório superficial localizado na Feagri/Unicamp, abastecido por bombeamento por outro reservatório situado nas proximidades do Parque Ecológico da UNICAMP. O EET, composto da mistura de dejetos domésticos e sanitários dos prédios e da oficina mecânica da Feagri/Unicamp, foi obtido a partir do sistema integrado de tratamento e reuso agrícola de esgoto (SITRAE) localizado na FEAGRI/UNICAMP.

O sistema de tratamento constitui-se por reator anaeróbico compartimentado, a partir do qual, por meio de tubulações, o esgoto é conduzido até 6 leitos com formato retangular, dispostos em duas linhas paralelas, preenchidos com brita número dois e cultivados com macrófitas (Figura 8). Detalhes construtivos do sistema de tratamento encontram-se descritos por Zanella (2008).



**Figura 8.** Disposição do sistema integrado de tratamento e reuso agrícola de esgoto (SITRAE) da Feagri/Unicamp (Adaptado de ZANELLA, 2008).

A ARS e o EET foram armazenados em reservatórios de 15.000 L, para utilização na irrigação da cultura. Foi realizada em maio de 2011 uma coleta de amostras da ARS e do EET na saída dos filtros de areia e enviadas a laboratório, com o objetivo de caracterizar quimicamente as duas fontes de água. Para a coleta e acondicionamento das amostras de ARS e EET, foram seguidas as recomendações padronizadas da Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, 1995).

## 5.5. Irrigação

Após o plantio, foi realizada irrigação por aspersão convencional (jun/2011 – set/2011) duas vezes por semana com o intuito de favorecer a brotação e uniformização do estande inicial de plantas. Nos meses entre out/2011 e fev/2012, não foi realizada irrigação devido a vários fatores, dentre estes se destacam os fatos de que o sistema de IGS e os reservatórios para armazenamento de EET e ARS não estavam totalmente instalados. No entanto, no período o volume e a distribuição das chuvas favoreceram a manutenção da umidade do solo em níveis adequados para o crescimento das plantas.

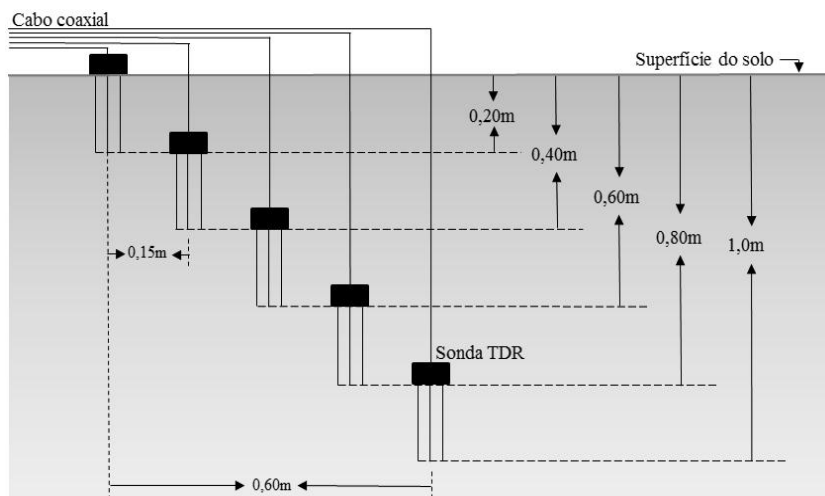
A partir de março de 2012, foram realizadas irrigações por gotejamento subsuperficial duas vezes por semana, com o objetivo de manter a umidade do solo na capacidade de campo na região ativa do sistema radicular. Nos eventos de chuva, a irrigação foi suspensa sendo aplicada em algumas ocasiões só a fertirrigação. Para promover a maturação da cana-de-açúcar e acúmulo de sacarose, aproximadamente 60 dias antes da colheita, a irrigações e a fertirrigação foram suspensas.

O conteúdo de água no solo foi estimado por o método indireto da TDR (TOPP et al., 1980). Para estimativa da umidade do solo foi adotada a equação de calibração obtida para o solo da área experimental por Roque (2007) (equação 1).

As sondas utilizadas foram confeccionadas no laboratório de Hidráulica e Irrigação da Feagri/Unicamp, sendo constituídas por 3 hastes de aço inoxidável, com comprimento útil de 0,2 m cada, soldadas e acopladas a cabo coaxial de 6,0 m de comprimento, e no final um conector tipo BNC. Para a calibração das sondas, determinou-se a sua impedância, colocando-as em recipiente plástico com água destilada, cuidando que a disposição das hastes estivesse pelo menos a 0,30m das margens do recipiente. Foram realizadas as leituras por meio do software PC-TDR e selecionadas as sondas que apresentaram coeficiente de variação menor de 5%.

Em campo, foram instaladas 135 sondas (5 sondas x tratamento x 3 repetições) na área TDR identificada na Figura 5. Em cada parcela, as sondas foram instaladas paralelas à fita gotejadora, a 0,1 m de distancia desta. Em cada parcela, a primeira sonda foi instalada levando em consideração a localização do primeiro gotejador após a área de bordadura (W da Figura 5), e a partir desta, as outras foram instaladas a cada 0,15 m no sentido longitudinal, nas camadas de 0 - 0,20; 0,20 - 0,40; 0,40 - 0,60; 0,60 – 0,80; e 0,80 – 1,00 m de profundidade

(Figura 9), obtendo assim o monitoramento da água no solo, na zona radicular da cana-de-açúcar (BRITO, 2009).



**Figura 9.** Esquema de instalação da bateria de sondas TDR para monitoramento da umidade do solo na área experimental.

As leituras da Ka foram obtidas por TDR 100 com interface RS 232 e coletor de dados CR1000 (Datalogger) que faz a leitura do sinal eletromagnético automaticamente.

Para realizar leituras simultâneas das 5 sondas, ao TDR 100 foi conectado um multiplexador SDMX50, com o qual era possível coletar os dados da Ka, uma hora antes e uma hora após da irrigação, aproximadamente. Usando o software *loggernet* foram descarregados, visualizados, armazenados e manipulados os dados coletados da Ka, para posteriormente estimar os valores da umidade volumétrica, com base na Equação 3 (ROQUE, 2007).

O manejo da irrigação foi realizado com base no balanço hídrico do solo considerando a diferença entre o teor de água no solo (estimado a partir das leituras da Ka realizadas com o TDR) e a capacidade de campo nas camadas 0-0,2; 0,2-0,4 e 0,4-0,6 m (umidade do solo a tensão de 10 KPa). O cálculo do volume de água foi realizado de acordo com as equações 8 e 9:

$$V_i = (\theta_{cc} - \theta_i) * V_s * N_l \quad (7)$$

Onde:  $V_i$  – volume de água de irrigação por tratamento ( $m^3$ );  $\theta_i$  – umidade volumétrica do solo medido pelo TDR nas profundidades de interesse ( $m^3 m^{-3}$ );  $\theta_{cc}$  – umidade do solo em

capacidade de campo nas profundidades de interesse ( $m^3 m^{-3}$ );  $V_s$  – volume de solo explorado por linha ( $m^3$ ); e  $N_l$  – número de linhas irrigadas por tratamento.

$$V_s = C_s * L_{fg} * C_f \quad (8)$$

Onde:  $V_s$  – volume de solo explorado por linha ( $m^3$ );  $C_s$  – camada da sonda (0,20 m);  $L_{fg}$  – largura da faixa do gotejador (0,4 m para gotejador de 1 L  $h^{-1}$ , e 0,5 m para gotejador de 1,6 L  $h^{-1}$ , de acordo com os resultados obtidos por Elauy et al., 2012);  $C_f$  – comprimento da faixa (17 m de largura da parcela mais 0,5 m da ligação da fita gotejadora e a tubulação de derivação em cada extremo da parcela).

O tempo de irrigação foi estimado de acordo com a equação 10:

$$T_i = \frac{V_i}{\left(\frac{C_f}{E_s} * v_g * N_l\right)} \quad (9)$$

Onde:  $T_i$  – tempo de irrigação (h),  $V_i$  – volume de água de irrigação por tratamento ( $m^3$ );  $C_f$  – comprimento da faixa,  $E_s$  – espaçamento entre linhas;  $v_g$  – vazão do gotejador (1 L  $h^{-1}$  ou 1,6 L  $h^{-1}$ ); e  $N_l$  – número de linhas.

## 5.6. Parâmetros de adubação e fertirrigação

Em função da análise de fertilidade do solo, no início do ciclo, para o tratamento T1 (sem irrigação) foi realizada manualmente a adubação de cobertura completa (conforme as áreas de plantio comercial), tendo como adubação de referência 30 kg  $ha^{-1}$  de N, 80 kg  $ha^{-1}$  de  $P_2O_5$  e 80 kg  $ha^{-1}$  de  $K_2O$ .

Para os outros tratamentos, e usando a mesma adubação de referência, foi realizada adubação de cobertura correspondente a 3 meses. Os fertilizantes utilizados foram: ureia, superfosfato e sulfato de potássio.

Após a instalação do cabeçal de controle do sistema de irrigação, foi realizada a aplicação de NPK via fertirrigação nos tratamentos T2, T4, T6 e T8, de acordo com a marcha de absorção de nutrientes da cana-de-açúcar (HAAG et al., 1987), e as recomendações apresentadas por Rossetto et al. (2008) baseadas no Boletim 100 do IAC (SPIRONELLO et al., 1996). Na Tabela 8 são apresentadas as quantidades de nutrientes aportadas aos tratamentos, as quais foram parceladas em 14 aplicações ao longo do ciclo da cana-planta.



**Tabela 9.** Nutrientes aplicados nos tratamentos T2, T4, T6 e T8, no ciclo de cana-planta.

Meses/Ano	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	(kg ha <sup>-1</sup> )		
mai/11	0,26	0,37	0,15
jun/11	0,32	3,38	2,90
jul/11	1,09	1,88	4,14
ago/11	1,74	1,58	5,17
set/11	2,26	2,20	6,00
out/11	2,66	3,49	6,62
nov/11	2,94	5,17	7,03
dez/11	3,09	6,99	7,24
jan/12	3,11	8,66	7,24
fev/12	3,01	9,93	7,04
mar/12	2,79	10,52	6,63
abr/12	2,45	10,18	6,02
mai/12	1,98	8,64	5,20
jun/12	1,38	5,62	4,17
<b>Total</b>	<b>29,08</b>	<b>78,61</b>	<b>75,55</b>

Devido ao acamamento das plantas ocorrido em junho/2012, as irrigações e fertirrigações tiveram que ser suspensas antes do tempo programado, para favorecer a maturação da cana-de-açúcar.

### 5.7. Tratos culturais

Para o controle das plantas infestantes ao longo do ciclo da cana-planta, foram realizadas: três aplicações de Sempra aos 72, 189 e 288 DAP, uma aplicação (57 DAP) de Velpar K WG, duas aplicações (72 e 288 DAP) de DMA2,4 -D e três capinas manuais. Em relação ao controle de pragas foram realizadas aplicações de Evidence 720WG e de Mirex (aos 2 e 57 DAP, respectivamente) para controle de cupim e formiga.

### 5.8. Monitoramento das plantas

De acordo com o desenvolvimento das plantas, foram divididos os períodos de ocorrência de cada estágio da cultura, assim:

- Plantio: 18 a 23 de maio de 2011,
- Estádio de brotação: 15/jun/2011 a 05/ago/2011,
- Estádio de perfilhamento: 06/ago/2011 a 31/out/2011
- Estádio de crescimento intenso: 01/nov/2011 a 14/jun/2012
- Estádio de maturação: 15/jun/2012 a 16/set/2012

Para monitoramento do efeito dos tratamentos no desenvolvimento das plantas foram realizadas avaliações ao longo dos estádios de crescimento intenso e maturação, no ciclo da cana planta.

### 5.8.1. Medições ao longo do ciclo

As medições biométricas da cana de açúcar foram realizadas a partir do sexto mês (162 DAP). Para tanto foram selecionadas 5 plantas aleatoriamente em 2 m lineares da área marcada como PRD na linha útil de cada parcela (Figura 5). As medições foram realizadas mensalmente nos 5 tratamentos em 3 repetições, conforme descrito a seguir:

- **Número de perfilhos por metro linear (NPml):** foi realizada a contagem do número de perfilhos (todos os brotos formados a partir do tolete plantado, incluindo o colmo primário) em 1 m linear.
- **Diâmetro (DC) e altura do colmo (AC):** o diâmetro do colmo medido utilizando paquímetro na parte média do colmo inferior. A altura do colmo medida com trena, desde o nível do solo até o primeiro nó do colmo.
- **Número de folhas (NF):** contabilizadas as folhas verdes (NFV) (folhas com lígula visível e com mais de 50% da área verde), emergentes (NFE) (folhas acima da folha +1) e senescentes (NFS).
- **Número de entrenós do colmo (NEC):** contagem direta do número de entrenós.
- **Altura da planta (AP):** medida com trena desde o nível do solo até a curvatura da folha +1.
- **Área foliar (AF):** medição do comprimento e largura na porção mediana da folha +3 utilizando fita métrica. Para a estimativa da área foliar da planta, foi utilizada a metodologia proposta por Hermann e Câmara (1999), conforme a equação 9:

$$AF = C \times L \times f \times (NFV + 2) \quad (10)$$

Onde: C - comprimento da folha +3; L - largura da folha +3; *f* - fator de correção igual a 0,81 para área foliar da cultura, e NFV - número de folhas abertas com pelo menos 20% de área verde.

O valor do fator de correção (f) para a variedade RB86-7515, no ciclo da cana-planta, nos estádios de crescimento intenso e maturação, foi obtido com base no comprimento (C) e largura (L) da folha +3 de 27 plantas (3 plantas por tratamento) e, pela multiplicação destes valores foi calculada a área da folha (AFc – área da folha calculada). Posteriormente, a AFc foi comparada com a área obtida usando o medidor de área foliar LICOR modelo LI3100, para cada uma das folhas (AFm – área da folia obtida com o aparelho). A partir dos valores das AFm e as AFc, o fator de correção foi obtido fazendo a seguinte relação (equação 10):

$$f = \frac{AF_{m1} + AF_{m2} + AF_{m3} + \dots + AF_{m27}}{AF_{c1} + AF_{c2} + AF_{c3} + \dots + AF_{c27}} \quad (11)$$

Onde: folhas f – fator de correção; AFc – área foliar medida com o aparelho; AFc – área foliar calculada.

### 5.8.2. Medições no final do ciclo

Com a finalidade de realizar uma caracterização fisiológica da resposta das plantas aos tratamentos, aos 290 DAP (três dias após da última irrigação) foram realizadas curvas horárias dos parâmetros de trocas gasosas (Taxa fotossintética - A, condutância estomática - gs e transpiração – E), sendo utilizado para isto o analisador de gás carbônico a infravermelho portátil (IRGA), modelo LCPro SD AnalyserWithBroad Head ® (ADC BioScientificLimited, UK), com área de câmara de 0,00058 m<sup>2</sup>, realizando as medições nos 9 tratamentos com 3 repetições por parcela (3 plantas por parcela escolhidas aleatoriamente).

As medições foram realizadas em dia sem presença de nuvens, às 7, 9, 12, 15 e 17 horas, com radiação ajustada de acordo com o horário de avaliação, utilizando-se o simulador de radiação acoplado ao IRGA. As avaliações foram realizadas no terço médio do limbo foliar, em folhas não sombreadas, fisiologicamente maduras (+2), sem sinais de danos ou deficiências nutricionais.

Após doze meses de crescimento vegetativo foram realizadas 3 amostragens destrutivas de plantas de cana-de-açúcar aos 358, 408 e 480 DAP, sendo cortadas 15 plantas por tratamento (5 plantas por parcela e 3 repetições), e realizadas as medições biométricas descritas anteriormente.

Para a estimativa da área foliar aos 408 e 480 DAP foram considerados os mesmos valores de número de perfis por metro linear (NPml) contabilizados aos 358 DAP, considerando a entrada de capivaras na área, que quais em repetidas ocasiões comeram e quebraram parte das plantas, e a alta porcentagem de acamamento das plantas (>75%) ocorrida depois do temporal apresentado na madrugada do dia 20 de junho onde a velocidade do vento registrada pela estação meteorológica da Unicamp (Cepagri) foi de 82,8 km h<sup>-1</sup>. Hoffmann et al. (2008) indica que a variedade RB86-7515 quando cultivada em ambientes favoráveis e com alto potencial de produção, pode apresentar acamamento das plantas devido à alta produtividade agrícola.

A partir das análises biométricas realizadas no final do estágio de crescimento intenso (15/Mai/2012) e no estágio de maturação (04/Jul/2012 e 16/Sep/2012) foram realizadas amostragens para análises tecnológicas. Para estas avaliações foi retirada manualmente a palha da planta, e realizado o desponte na altura do primeiro colmo superior, juntados os 5 colmos de cada parcela (formando um feixe), identificados (número de parcela e tratamento), pesados (Massa fresca do feixe, MFF) e enviados para o laboratório da Usina Ester.

As análises foram realizadas de acordo com a metodologia descrita em as instruções CONSECANA (2006):

- **Peso do bagaço úmido (PBU):** obtido em balança semi-analítica.
- **Teor de sólidos solúveis do caldo (Brix):** determinado utilizando refratômetro digital, com correção automática de temperatura, com valor final expresso à 20°C.

Para a obtenção dos outros parâmetros tecnológicos foram utilizadas as seguintes equações:

- **Teor de sacarose aparente do caldo (POL):**

$$POL = LPb \times (0,2605 - 0,0009882Brix) \quad (12)$$

Onde LPb – leitura sacarimétrica equivalente a de subacetato de chumbo; Brix - Teor de sólidos solúveis do caldo.

- **Pureza aparente do caldo (Pu):**

$$Pu = \frac{POL}{BRIX} \times 100 \quad (13)$$

Onde POL – teor de sacarose aparente do caldo; Brix – teor de sólidos solúveis do caldo.

- **Açúcares redutores do caldo (AR):**

$$AR = 3,641 - 0,0343Pu \quad (14)$$

Onde Pu – pureza aparente do caldo (%).

- **Fibra da cana-de-açúcar (Fb):**

$$F = 0,08PBU + 0,876 \quad (15)$$

Onde PBU – peso do bagaço úmido da prensa (g)

- **Pol da cana-de-açúcar (PC):**

$$PC = POL \times (1 - 0,01Fb) \times C_p \quad (16)$$

Onde POL – pol do caldo; Fb – fibra da cana;  $C_p$  – coeficiente para a transformação da POL.

- **Açúcar total recuperável (ATR):**

$$ATR = 9,5263PC + 9,05AR \quad (17)$$

Onde PC – pol da cana; AR – Açúcares redutores da cana.

- **Estimativa de produção de colmos (EPC):**

$$EPC = \frac{MFC \times \left[ \left( \frac{100}{Es} \times 100 \right) \times NPml \right]}{1000} \quad (18)$$

Onde EPC – estimativa da produção de colmos ( $t \text{ ha}^{-1}$ ); MFC – massa fresca do colmo ( $kg \text{ colmo}^{-1}$ ); Es – Espaçamento entre linha (m); NPml – número de perfilhos por metro linear.

- **Rendimento do açúcar teórico recuperável (RTR):**

$$RTR = \frac{ATR \times EPC}{1000} \quad (19)$$

Onde RTR – Rendimento de Açúcar Teórico Recuperável ( $t \text{ ha}^{-1}$ ); ATR – Açúcar total recuperável ( $kg \text{ t}^{-1}$ ); EPC – estimativa da produção de colmos ( $t \text{ ha}^{-1}$ ); 1000 – Fator de conversão de kg a t.

A massa fresca média dos colmos foi determinada pesando o feixe de cada tratamento e dividindo pelo número de colmos correspondente (3 feixes por tratamento de 5 colmos cada).

A produtividade foi estimada no final do ciclo da cana-planta, realizando amostragem de um metro linear por tratamento (da linha útil), com 5 repetições, transformando os valores obtidos  $t\ ha^{-1}$ . A colheita da cana-de-açúcar no ciclo da cana-planta foi realizada manualmente, no dia 16 de setembro de 2012 (480 DAP).

A partir dos valores da estimativa de produção de colmos (EPC) e do uso total de água (UTA) em cada tratamento (por precipitação e ou irrigação) foi calculada a eficiência de uso da água (EUA) de acordo com a equação 22:

$$EUA = \left( \frac{EPC}{UTA} \right) \quad (20)$$

Onde EUA – eficiência do uso da água ( $kg\ m^3$ ); EPC - estimativa de produção de colmos ( $kg\ ha^{-1}$ ); UTA – uso total de água ( $m^3\ ha^{-1}$ ).

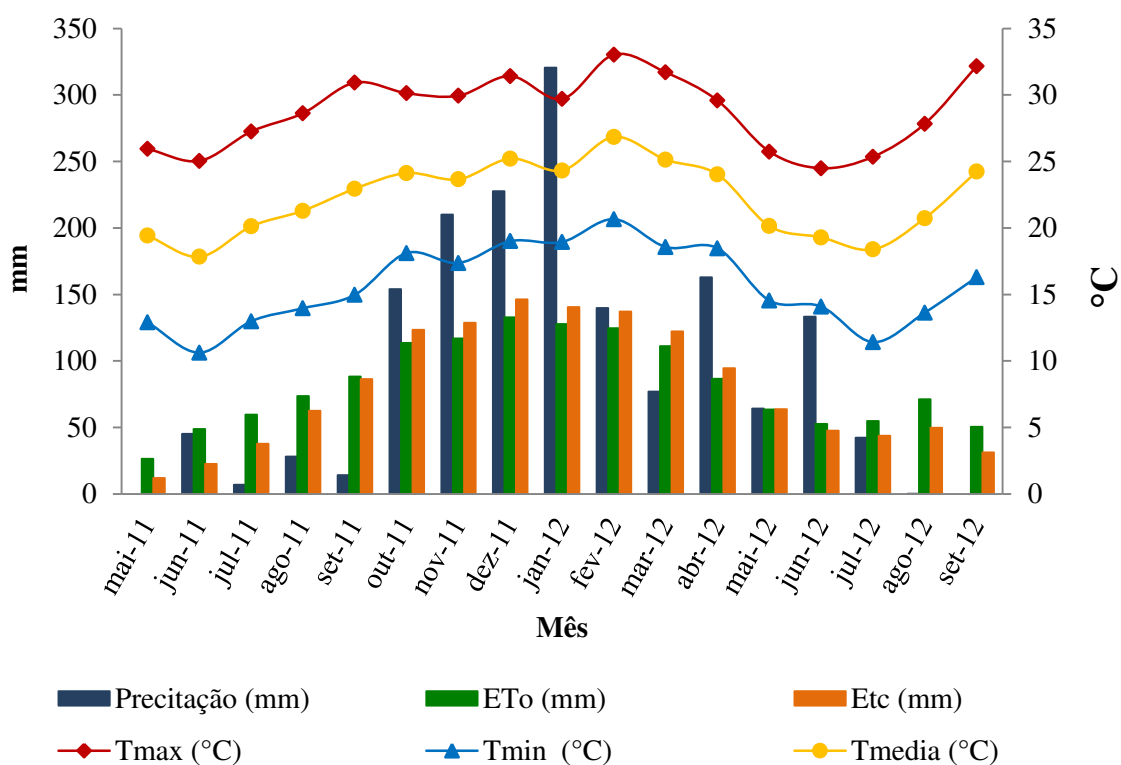
## **5.9. Análise dos resultados**

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA,  $p < 0,05$ ) sendo as médias comparadas quando diferentes significativamente aplicando-se o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), utilizando-se o Software Sisvar.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1. Clima e consumo de água da cultura

A Figura 10 apresenta o regime térmico, a distribuição de chuvas e a evapotranspiração da cultura, no ciclo da cana-planta, safra 2011-2012, na região de Campinas, SP. Pode-se observar que a região tem marcada variação sazonal de temperatura. A temperatura média anual foi de 22,2°C, alcançando os menores valores nos meses de jun/2011 e jul/2012 (10,6 e 11,4°C) e os maiores nos meses de fevereiro e setembro de 2012 e (33,0°C e 32,2°C, respectivamente).



**Figura 10.** Dados climáticos mensais observados durante o ciclo de cana-planta, safra 2011/2012, na região de Campinas – SP.

As baixas temperaturas ocorridas no mês de junho (Figura 10) influenciaram na brotação tardia das plantas, uma vez que segundo Castro (2000) com temperaturas inferiores a 21°C, a germinação é lenta. Ainda de acordo com o mesmo autor, a faixa de temperatura ótima para brotação da cana esta entre 27°C e 32°C. Por outro lado, as baixas temperaturas no

final do ciclo, limitam o processo de absorção de nutrientes, reduzindo o crescimento vegetativo da planta e promovendo o acúmulo de sacarose (TOPPA et al., 2010).

A precipitação total mensal apresentou variação sazonal, tendo ocorrido o maior valor mensal em jan/2012 (320,5 mm) (Figura 10). O menor valor mensal de chuva apresentou-se no mês de set/2012 (0 mm).

Durante o ciclo de cana-planta a precipitação total foi de 1651 mm, valor que superou a evapotranspiração da cultura (ETc) que foi de 1349 mm para o mesmo período, assim as chuvas, se uniformemente distribuídas ao longo do ciclo, seriam suficientes para suprir a demanda de água da plantas. No entanto, pode-se verificar que em alguns meses a precipitação foi nula ou muito baixa, desta forma o uso da irrigação pode potencializar o desenvolvimento e a produção da cultura pela manutenção de condições ótimas de umidade do solo.

Os valores de ETc apresentaram aumento a partir dos 31 DAP (Figura 10). Posteriormente, no período entre os 166 até 287 DAP (estádio de crescimento intenso) o valor variou entre 3,3 e 5,2 mm d<sup>-1</sup>. No início do estágio de maturação até o final do ciclo, os valores de ETc diminuíram (Figura 10).

Resultados similares foram descritos por Gonçalves et al. (2010) em estudo de evapotranspiração e coeficiente de cultivo (Kc) da cana-de-açúcar irrigada por gotejamento subsuperficial. Os autores observaram que no período entre os 31 aos 99 DAP (estádio de desenvolvimento vegetativo e parte do crescimento intenso) a ETc apresentou aumento progressivo, após este período, dos 99 aos 210 DAP a ETc manteve-se com variação entre 3,6 a 6,6 mm dia<sup>-1</sup>, e a partir dos 210 DAP (estádio de maturação) houve redução da ETc.

### **6.1.1. Balanço hídrico sequencial**

As entradas de água no ciclo da cana-planta, a partir da precipitação, como por irrigação por aspersão (16 irrigações) e por gotejamento (22 irrigações) são apresentadas na Tabela 10.

Considerando as entradas de água e a evapotranspiração da cultura, foi realizado o balanço hídrico sequencial para as plantas cultivadas sob os diferentes tratamentos (Tabela 11), podendo observar o déficit e excesso de água em cada período do primeiro ciclo da cana-planta.



**Tabela 10.** Entradas de água por precipitação e irrigação por aspersão e gotejamento subsuperficial no ciclo da cana-planta

Meses/Ano	Sistema de irrigação	Pr	Irrigação								
			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
mm											
mai/11		25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
jun/11	Aspersão	45,3	118,0	118,0	118,0	118,0	118,0	118,0	118,0	118,0	118,0
jul/11		6,9	118,0	118,0	118,0	118,0	118,0	118,0	118,0	118,0	118,0
ago/11		28,2	118,0	118,0	118,0	118,0	118,0	118,0	118,0	118,0	118,0
set/11		14,1	141,6	141,6	141,6	141,6	141,6	141,6	141,6	141,6	141,6
out/11			154,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
nov/11	Sem irrigação	210,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
dez/11		227,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
jan/12		320,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
fev/12		139,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
mar/12			77,0	0,0	325,8	276,3	336,7	320,0	321,3	283,8	329,1
abr/12	Gotejamento subsuperficial	163,0	0,0	218,9	176,6	217,1	197,4	220,2	176,2	209,4	194,3
mai/12		64,2	0,0	198,6	168,4	197,2	180,9	203,8	166,1	185,0	175,3
jun/12		133,2	0,0	89,2	58,1	88,1	63,4	94,8	57,1	75,1	62,3
jul/12	Irrigação suspensa	42,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ago/12		0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
set/12		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Lamina total de água (mm)</b>		<b>1651,3</b>	<b>495,6</b>	<b>1328,0</b>	<b>1174,9</b>	<b>1334,7</b>	<b>1257,3</b>	<b>1335,7</b>	<b>1178,8</b>	<b>1294,2</b>	<b>1245,9</b>

Pr – Precipitação, T1 (sem irrigação), T2 (EET – 0,20 - C), T3 (EET – 0,20 - S), T4 (EET – 0,40 - C), T5 (EET – 0,40 - S), T6 (ARS – 0,20 - C), T7 (ARS – 0,20 - S), T8 (ARS – 0,40 - C), T9 (ARS – 0,40 - S).

Considerando as entradas de água e a evapotranspiração da cultura, foi realizado o balanço hídrico sequencial para as plantas cultivadas sob os diferentes tratamentos (Tabela 11), podendo observar o déficit e excesso de água em cada período do primeiro ciclo da cana-planta. No geral, os aportes de água para a cultura, foram superiores aos requeridos, com valores de excesso de até 280,5 mm nos tratamento irrigados e de 180 mm no tratamento não irrigado. Vale ressaltar que apenas a partir de março de 2012 a irrigação foi sistematicamente aplicada, reforçando ainda mais o forte efeito das precipitações no excesso de água observado no balanço hídrico. Mesmo após o início das irrigações observa-se um excesso de água, que pode ser atribuído a ajustes na equação de calibração da sonda TDR adotada e ainda a incerteza na ocorrência nos eventos de chuva que muitas vezes ocorreram após as irrigações (Apêndice 1).

**Tabela 11.** Balanço hídrico sequencial para os diferentes tratamentos no ciclo de cana-planta, safra 2011-2012, Campinas/SP

Tempo	Tratamento								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
	Lámina								
mm									
abr/11	6,94	6,94	6,94	6,94	6,94	6,94	6,94	6,94	6,94
mai/11	-0,07	-0,07	-0,07	-0,07	-0,07	-0,07	-0,07	-0,07	-0,07
jun/11	137,62	137,62	137,62	137,62	137,62	137,62	137,62	137,62	137,62
jul/11	87,21	87,21	87,21	87,21	87,21	87,21	87,21	87,21	87,21
ago/11	83,77	83,77	83,77	83,77	83,77	83,77	83,77	83,77	83,77
set/11	69,30	69,30	69,30	69,30	69,30	69,30	69,30	69,30	69,30
out/11	30,56	30,56	30,56	30,56	30,56	30,56	30,56	30,56	30,56
nov/11	81,30	81,30	81,30	81,30	81,30	81,30	81,30	81,30	81,30
dez/11	81,51	81,51	81,51	81,51	81,51	81,51	81,51	81,51	81,51
jan/12	<b>180,03</b>	180,03	180,03	180,03	180,03	180,03	180,03	180,03	180,03
fev/12	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64
mar/12	-10,98	280,51	230,93	291,43	274,70	275,97	238,49	283,83	273,08
abr/12	34,20	<b>287,40</b>	<b>245,12</b>	<b>285,59</b>	<b>265,93</b>	<b>288,75</b>	<b>244,76</b>	<b>277,91</b>	<b>262,87</b>
mai/12	0,58	199,18	168,99	197,81	181,43	204,40	166,73	185,55	175,86
jun/12	85,68	174,83	143,73	173,76	149,11	180,44	142,73	160,80	148,00
jul/12	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
ago/12	-13,52	-13,52	-13,52	-13,52	-13,52	-13,52	-13,52	-13,52	-13,52
set/12	-29,87	-29,87	-29,87	-29,87	-29,87	-29,87	-29,87	-29,87	-29,87

Os valores da lâmina negativos representam os deficit de água nos diferentes periodos, por sua parte, os valores positivos representam os excessos de água.

O aporte de água pelas precipitações favoreceu o desenvolvimento das plantas no tratamento não irrigado, já que ocorreram nos estádios de maior demanda de água pelas plantas, contribuindo para o seu adequado desenvolvimento vegetativo e fisiológico, e diminuindo as diferenças com os tratamentos irrigados. O déficit hídrico no final do ciclo (jul – set de 2012) foi adequado considerando que este período correspondeu ao estágio de maturação das plantas, já que segundo Inman-Bamber e Smith (2005) no estágio de maturação é necessário restringir a disponibilidade de água para as plantas, com a finalidade limitar o crescimento vegetativo e promover o acúmulo de sacarose.

## 6.2. Caracterização química da água de irrigação

Na Tabela 12, são apresentados os resultados da análise química da ARS e do EET, utilizados para irrigação, bem como os valores de referência para uso agrícola.

**Tabela 12.** Resultados da análise química da água de reservatório superficial (ARS) e do efluente de esgoto tratado (EET), utilizados para irrigação de cana-de-açúcar.

Determinação	Unidade	EET	ARS	Valores de Referência	Fonte
Fósforo total (P-total)		8,31	0,19	4,20 a 9,70	Bouwer e Chaney (1974)
Potássio (K)		27,00	0,86	10 a 40	Feigin et al (1991)
Cálcio (Ca)		18,30	4,59	20 a 120	Feigin et al (1991)
Magnésio (Mg)		3,20	2,77	10 a 50	Feigin et al (1991)
Ferro (Fe)		1,60	0,47	0,330	Pescod (1992)
Sulfato (S-SO <sub>2</sub> )		< 2,50	<5,00	62	Asano e Pettygrove (1978)
Manganês (Mn)		0,07	0,03	0,20 a 0,70	Pescod (1992)
Cobre (Cu)		< 0,005	0,005	0,040	Feigin et al (1991)
Zinco (Zn)		0,10	0,04	0,04	Feigin et al (1991)
Chumbo (Pb)		< 0,01	<	<0,05	Asano e Pettygrove (1978)
Cádmio (Cd)	mg L <sup>-1</sup>	< 0,001	<	<0,002	Asano e Pettygrove (1978)
Cromo (Cr)		< 0,01	<	<0,02	Asano e Pettygrove (1978)
Boro (B)		0,107	<	0 a 1	Feigin et al (1991)
Sódio (Na)		57,60	1,61	50 a 250	Feigin et al (1991)
Cobalto (Co)		< 0,005	<	-	-
Molibdênio (M)		< 0,01	<	-	-
Alumínio (Al)		0,04	0,23	-	-
Cloro total (Cl)		< 0,01	< 0,01	40 a 200	Feigin et al (1991)
Nitrogênio total (N-total)		66,70	3,20	10 a 50	Feigin et al (1991)
Nitrato (N-NO <sub>3</sub> )		< 0,50	< 0,30	0 – 10	Feigin et al (1991)
Nitrito (N-NO <sub>2</sub> )		< 0,10	< 0,01	0,02	Pescod (1992)
Níquel (Ni)		< 0,010	<	0,007	Feigin et al (1991)
pH (a 20C)	-	7,44	9,13	6,5 a 8,4	Pescod (1992)
Condutividade elétrica	dS m <sup>-1</sup>	0,99	0,05	1,0 a 3,1	Pescod (1992)
RAS	-	2,70	0,14	4,5 a 7,9	Feigin et al (1991)

O valor de pH e de ferro observados na ARS ultrapassaram os limites indicados nos valores de referência. Segundo o indicado por Nogueira et al. (2009), o ferro se encontra mais disponível para a cana em solos com pH entre 4,0 e 6,0, assim, a combinação de valores de pH superiores aos indicados mais concentrações elevadas de ferro, limitam a disponibilidade deste para a planta.

Considerando a classificação preconizada por Nakayama e Bucks (1986) da qualidade da água objetivando o risco de entupimento dos emissores de irrigação localizada, pode-se afirmar que: o Mn não representa risco ao entupimento, o ferro representa risco moderado ao entupimento com a ARS e risco elevado para o EET, e o pH representa risco ao entupimento elevado e moderado para a ARS e o EET, respectivamente.

As concentrações médias de N-NO<sub>2</sub>, Ni, Ca, Mg, Mn, Cu e Cl para ARS e EET encontravam-se abaixo dos valores de referência. A ARS apresentou baixos valores de N-total, K, Na, CE e RAS.

As concentrações relativas de Na, Ca e Mg, agregados e expressos pela razão de adsorção de sódio (RAS) em conjunto com a CE, tem influencia nas taxas de infiltração e permeabilidade do solo, sendo estas umas das possíveis consequências da irrigação com EET. O efeito negativo sobre a permeabilidade do solo diminui com uma maior CE da água de irrigação, para um dado valor de RAS. Considerando que EET apresentou valores aceitáveis de RAS e EC, pode-se inferir que o risco de sodicidade no solo pelo uso de este tipo de água é reduzido. Tal fato pode ser considerado favorável, já que segundo o indicado por Pescod (1992), a cultura da cana-de-açúcar é classificada como moderadamente sensível à salinidade e semi-tolerante aos teores de Na trocável.

As concentrações de Al, B, Cd Cr, Cu, F, Mn, Ni e Pb no EET são inferiores às indicadas nos valores de referência. Tal fato deve ser associado à origem do efluente utilizado, sendo este classificado como sanitário, com presença não significativa desses elementos.

No geral, pode-se observar que as concentrações encontradas de macro e micronutrientes para o EET encontram-se de acordo com os limites estabelecidos nos valores de referência, porém, são maiores às encontradas na ARS. O EET apresentou valores superiores aos estabelecidos nas concentrações de N-total, Fe, Zn em 16,70; 1,27 e 0,06 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente.

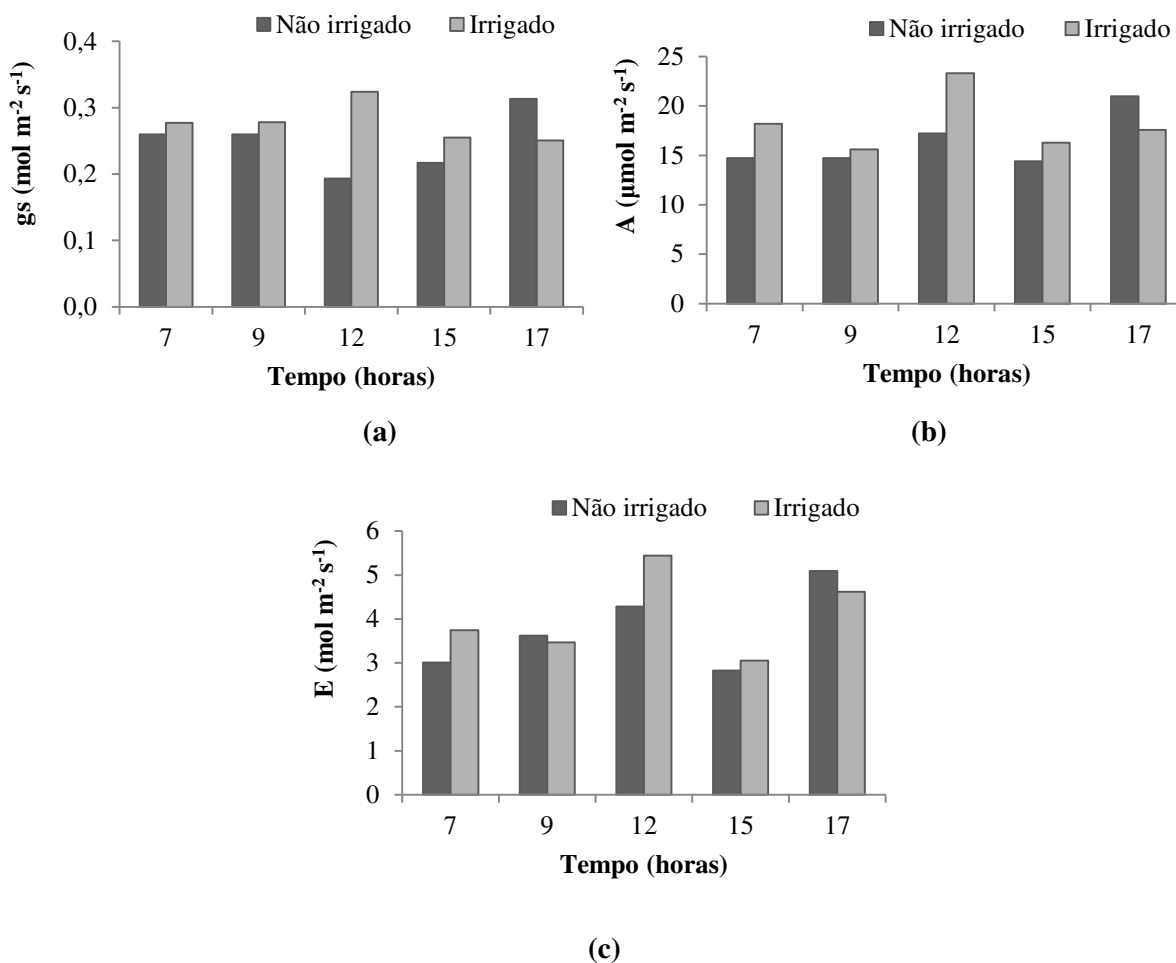
### **6.3.Respostas fisiológicas, agronômicas e tecnológicas**

#### **6.3.1. Trocas gasosas da planta**

As curvas horárias da condutância estomática ( $g_s$ ), taxa fotossintética (A) e taxa de transpiração das plantas (E) obtidas a partir das medições realizadas 290 DAP (no estágio de crescimento intenso) para avaliação do efeito da irrigação, nas trocas gasosas das plantas de cana-de-açúcar variedade RB86-7515, são apresentadas na Figura 11 a, b e c, respectivamente.

De acordo com os resultados da Figura 11, verificou-se que em geral, os valores obtidos para os tratamentos irrigados apresentam os maiores valores da  $g_s$  e da E. Por outro lado, os menores valores para os três parâmetros avaliados, foram obtidos no tratamento não

irrigado, sendo tais resultados mais evidentes no horário das 12hs, onde a diminuição na abertura estomática limitou as trocas gasosas com a atmosfera e, conseqüentemente, a assimilação de gás carbônico.



**Figura 11.** . Curvas horárias da condutância estomática ( $g_s$ , a), taxa fotossintética ( $A$ , b) e taxa de transpiração das plantas ( $E$ , c) obtidas aos 290 DAP (no estágio de crescimento intenso)

Resultados semelhantes foram encontrados por Machado et al. (2009) avaliando as respostas biométricas e fisiológicas de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) ao déficit hídrico (DH), em diferentes fases fenológicas, onde a redução da  $g_s$  causou decréscimo na  $E$ , nos tratamentos em condição de déficit hídrico. Por outra parte, Smit e Singels, (2006) avaliando as respostas no desenvolvimento das plantas de duas variedades de cana-de-açúcar ao estresse hídrico, observaram reduções na  $g_s$ , afirmando que tal variável apresenta maior sensibilidade à medida que a umidade do solo reduz.

Os maiores valores de taxa fotossintética foram encontrados ao meio dia, no horário de maior incidência de radiação, coincidindo com os resultados obtidos por diferentes autores, ROBERTS et al. (1990); GLAZ et al. (2004) e CARMO et al. (2011).

Pode se observar a relação direta entre a E e  $g_s$ , assim, com o fechamento estomático como estratégia da planta para impedir a desidratação excessiva das folhas pelo déficit hídrico, diminui também o fluxo de vapor d'água para a atmosfera, como descrito por Taiz e Zeiger (2009).

A irrigação também influenciou positivamente os valores máximos da taxa fotossintética e da evaporação, principalmente ao meio dia, onde se observaram as maiores diferenças quando comparado com o tratamento sem irrigação. Assim, apesar da variedade RB86-7515 ter como característica a resistência ao déficit hídrico, a planta apresentou resposta positiva em relação aos valores de A,  $g_s$  e E, quando utilizada a irrigação por gotejamento subsuperficial, nas duas profundidades de estudo.

### 6.3.2. Parâmetros agronômicos

#### 6.3.2.1. Perfis por metro linear (NPml)

A análise de variância dos valores médios de NPml para fatores de variação dos tratamentos são apresentados no Apêndice 2. Na Tabela 13, pode-se observar a interação entre os fatores qualidade de água e profundidade de instalação da fita gotejadora aos 333 e 358 DAP no NPml.

**Tabela 13.** Valores médios do número de perfis por metro linear (NPml) de cana-de-açúcar com a aplicação de água de diferentes procedências (ARS e EET) e profundidades de instalação da fita gotejadora, aos 333 e 358 DAP, no ciclo da cana-planta, em Campinas, SP.

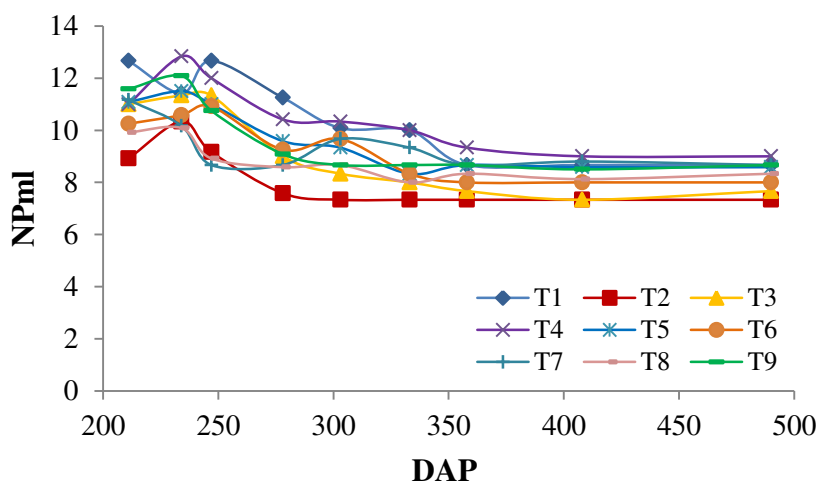
Qualidade da água (Q)	DAP			
	333		358	
	Profundidade (P)			
	0,20 m	0,40 m	0,20 m	0,40 m
EET	7,66 aB	9,17 aA	7,50 aB	9,00 aA
ARS	8,83 aA	8,33 aA	8,33 aA	8,50 aA

EET – Efluente de esgoto tratado; ARS – água de reservatório superficial. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

Analisando-se cada profundidade de instalação e data de medição separadamente verificou-se que não houve efeito da qualidade da água no número de perfilhos. Com a aplicação de ARS não ocorreu diferenças entre as profundidades de instalação da fita-gotejadora.

Por outro lado, o NPml foi menor quando realizada aplicação de EET na profundidade de 0,20 m, comparado a 0,40 m. Este resultado pode ter ocorrido devido ao fato de que com a aplicação de EET a 0,40 m de profundidade a água no solo esta facilmente disponível para a planta na região de maior concentração do sistema radicular, que segundo Doorenbos e Kassan (1994) situa-se entre 0,4 – 0,6 m de profundidade.

Na Figura 12, é apresentada a variação no tempo, do NPml para cada um dos tratamentos estabelecidos.



**Figura 12.** Número de perfilhos por metro linear (NPml) da variedade RB86-7515, no ciclo da cana-planta, para os diferentes tratamentos.

Pode-se observar que o padrão de perfilhamento nos tratamentos foi similar, alcançando o valor máximo aos 234 DAP e decrescendo até os 358 DAP. A partir desta data verificou-se que este parâmetro ficou estável. Este fato pode ser entendido devido à competição por água, luz e nutrientes e com isto alguns dos perfilhos menores morrem antes de completar o desenvolvimento. Estes resultados corroboram com Silva (2007b) que afirma que as plantas de cana-de-açúcar após atingir o perfilhamento máximo, apresentam diminuição com a morte dos perfilhos mais jovens, devido à competição por fatores ambientais.

Na análise de variância do NPml (Apêndice 3) não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos ( $P < 0,05$ ). Tal fato pode ser explicado considerando que no início do ciclo da cana-planta, com a finalidade de contornar os efeitos das baixas temperaturas na germinação e perfilhamento das plantas, foram realizadas irrigações por aspersão em todos os tratamentos até o pegamento das plantas para suprir as necessidades hídricas da cultura na área experimental. Há que se ressaltar que houve atraso na aplicação dos nutrientes nos tratamentos que receberam a adubação parcelada em relação à marcha de absorção devido ao atraso na implantação dos tratamentos, o qual pode ter influenciado nos resultados obtidos.

Avaliando o perfilhamento em cultivares de cana-de-açúcar, em cana-planta, e sua influência sobre o rendimento final, Oliveira et al. (2007) observaram que os cultivares apresentaram desempenho diferenciado. Os valores máximos do NPml para as cultivares RB85-5536 e RB85-5113 foram alcançados aos 182 DAP e para a cultivar RB72-454 foi aos 231 DAP. Diferentes autores relatam que em condições adequadas para o desenvolvimento da planta no ciclo da cana-planta, os valores máximos de NPml foram obtidos entre os 90 e 120 DAP (SOARES et al., 2004; ALMEIDA et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2010).

No presente estudo, diferentes fatores puderam influenciar negativamente o perfilhamento da cultura, como as baixas temperaturas no começo do ciclo, que afetaram a germinação e conseqüentemente o perfilhamento; a entrada de capivaras na área, as quais comiam as plantas, ou parte destes, danificando as plantas e prejudicando o seu desenvolvimento; e, a profundidade de plantio que foi de 0,30 m, diferente da adotada comercialmente (0,20 m). Magro e Laca-Buendía (2010) verificaram o efeito da profundidade de plantio no perfilhamento da cana-de-açúcar plantada nas profundidades de 0,20 e 0,30 m, encontrando diferenças de 20% e 17% no NPml aos 60 e 120 DAP, sendo maior o perfilhamento na profundidade de 0,20 m.

### **6.3.2.2. Altura da planta (AP)**

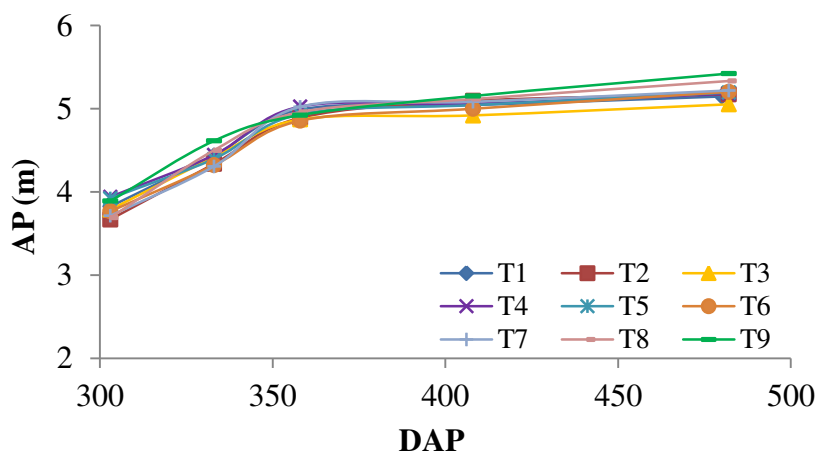
Os tratamentos implementados não apresentaram diferenças significativas entre os valores médios de AP (apêndices 1 e 2), possivelmente, porque as aplicações realizadas com EET no estágio de crescimento intenso, não foram suficientes para gerar alguma resposta



significativa nas plantas (Figura 13). No estágio de crescimento intenso, a taxa de crescimento médio das plantas foi de aproximadamente  $17,5 \text{ mm dia}^{-1}$ .

A AP foi similar entre os diferentes tratamentos. No final do ciclo da cana-planta, o crescimento das plantas foi mais lento quando comparado aos outros estádios. Tal fato ocorreu devido ao estresse hídrico promovido com o objetivo de direcionar os fotoassimilados para o acúmulo de sacarose antes da colheita, conforme descrito por KEATING et al. (1999).

No estudo desenvolvido por Holanda (2010), para avaliar aspectos de crescimento, produtividade e eficiência no uso da água de variedades RB de cana-de-açúcar irrigadas via gotejamento subsuperficial, encontraram que a altura média das plantas no final do ciclo de cana-planta foi de 4,52 m. O autor observou que os maiores valores foram obtidos pelas variedades RB86-7515 (4,87 m) e a RB72-454 (4,73 m), e, os menores pelas variedades RB97-1755 (4,07 m) e RB86-3129 (4,2 m).

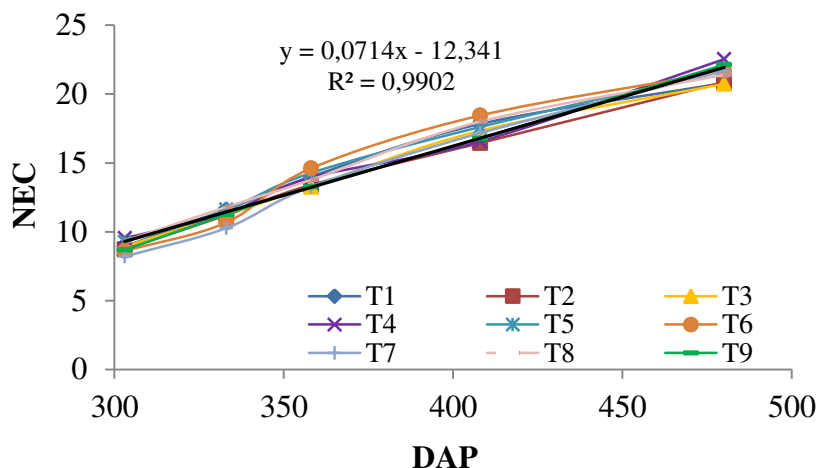


**Figura 13.** Altura da planta (AP) da variedade RB86-7515, no ciclo da cana-planta, para os diferentes tratamentos.

De acordo com os resultados apresentados na Figura 13 os valores de altura obtidos foram próximos e até acima dos observados por Holanda (2010) considerando a mesma variedade.

### 6.3.2.3. Número de entrenós por colmo (NEC)

A variação ao longo do ciclo do NEC para os diferentes tratamentos apresenta tendência linear, como pode ser observado na Figura 14.



**Figura 14.** Número de entrenós por colmo (NEC) da variedade RB86-7515, no ciclo da cana-planta, para os diferentes tratamentos.

Na análise dos valores médios de NEC para as combinações entre os fatores de variação dos tratamentos (Apêndice 2) houve interação entre os fatores qualidade da água (Q) e fertirrigação (F) aos 408 DAP, como apresentado na Tabela 14.

**Tabela 14.** Valores médios do número de entrenós por colmo (NEC) de cana-de-açúcar em função da interação entre a qualidade de água e a aplicação da fertirrigação aos 408 DAP, no ciclo da cana-planta, em Campinas, SP.

Qualidade da água (Q)	DAP	
	408	
	Fertirrigação (F)	
	C	S
EET	16,67 bB	17,50 aA
ARS	18,17 aA	17,00 aA

EET – Efluente de esgoto tratado; ARS – água de reservatório superficial; C – com fertirrigação; S – sem fertirrigação. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

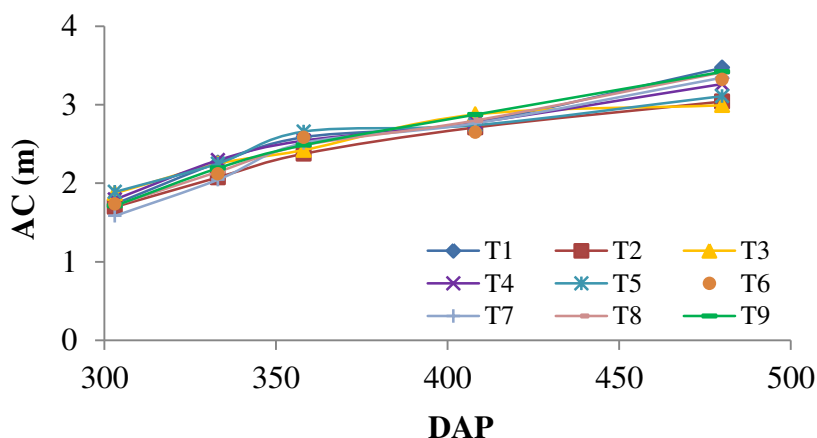
O número médio de entrenós por colmo foi significativamente menor ( $P < 0,05$ ) com aplicação de EET+fertirrigação, comparado com o resultado obtido com aplicação de ARS+fertirrigação. Quando não foi realizada a fertirrigação não houve diferenças entre o número de entrenós por colmo com adoção de água de reservatório (ARS) ou efluente (EET). Ainda com a aplicação de EET o número de entrenós foi maior quando não aplicada a fertirrigação. De acordo com os resultados obtidos, é possível afirmar que a aplicação de

EET+fertirrigação plena, limita a produção de entrenós do colmo, provavelmente pela aplicação em excesso de algum macronutriente ou componente presente no EET.

Os resultados das análises de variância dos valores de NEC não apresentaram diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos (Apêndice 3), coincidindo com os resultados obtidos por Arantes (2012) que teve como objetivo diferenciar 4 cultivares de cana-de-açúcar sob ambiente irrigado via gotejamento sub-superficial e sequeiro, por meio de variáveis morfológicas e sua correlação com a produtividade, não encontrando diferenças significativas entre os tratamentos irrigados e o não irrigado, indicando que a deficiência hídrica, principalmente nas fases de maior crescimento e desenvolvimento da cultura, não interferiu no NEC, sendo assim justificada a igualdade entre os tratamentos.

#### 6.3.2.4. Altura do colmo (AC)

Na figura 16 é apresentada a variação ao longo do ciclo da cana-planta da altura do colmo (AC), a qual atingiu uma taxa de crescimento média dos colmos foi de  $15 \text{ mm dia}^{-1}$  (Figura 15).



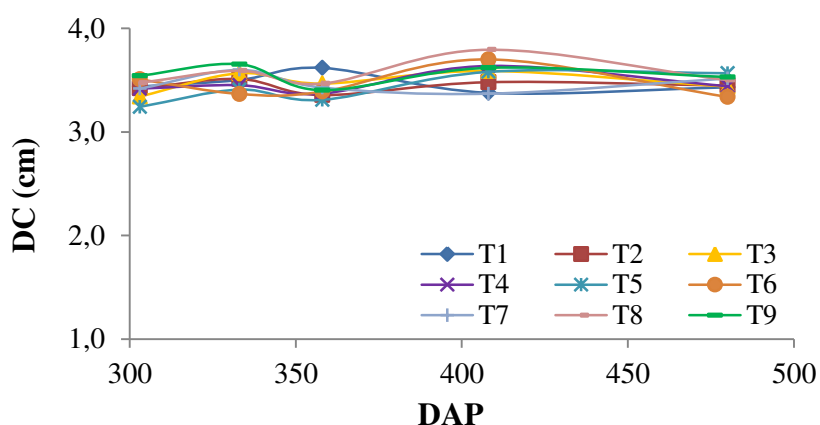
**Figura 15.** Altura do colmo (AC) da variedade RB86-7515, no ciclo da cana-planta, para os diferentes tratamentos.

O análise de variância dos valores de altura do colmo (AC) para os fatores de variação dos tratamentos não apresentaram interações significativas (Apêndice 2). No entanto, houve efeito da qualidade da água aplicada com favorecimento do uso do EET na altura dos colmos em relação aos resultados obtidos com aplicação de ARS aos 303 DAP. Na análise estatística considerando todos os tratamentos observados não houve efeito significativo na

altura dos colmos (Apêndice 3). A tendência ao crescimento do colmo apresentado em todos os tratamentos pode estar influenciada pelo tombamento, provavelmente, devido às mudanças hormonais promovidas pelas auxinas (TAIZ e ZEIGER, 2004).

### 6.3.2.5. Diâmetro do colmo (DC)

No geral, os valores médios de DC entre os tratamentos não tiveram variação significativa no tempo se mantendo na faixa de 3,42 e 3,57 cm, este último valor médio ocorrido 408 DAP (Figura 16). Já no final do ciclo a média geral foi de 3,47 cm



**Figura 16.** Diâmetro do colmo (DC) da variedade RB86-7515, no ciclo da cana-planta, para os diferentes tratamentos.

Oliveira (2008) avaliando a capacidade de extração e exportação dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg em onze variedades de cana-de-açúcar, relacionando o crescimento vegetativo e as características agroindustriais de cada variedade, indicou que os dados das estimativas de altura e diâmetro do colmo nas variedades SP79-1011, RB863129, RB92579, RB72454, RB813804 e RB867515 apresentaram potencial de crescimento máximo estimado, entre 400 e 480 DAP.

Valores semelhantes aos apresentados na Figura 16, foram encontrados por Oliveira et al. (2004) adotando sistema de plantio convencional (manual) e adubação de cobertura utilizando 20 kg ha<sup>-1</sup> de N, 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na adubação, obteve valores de diâmetro do colmo de 3,19; 2,87 e 2,74 cm para as variedades RB72-454 (precursora da RB86-7515), RB85-5113 e RB 85-5536, respectivamente, para ciclo de 18 meses.

Avaliando os parâmetros biométricos de diferentes variedades de cana-de-açúcar sob irrigação plena, Oliveira (2010) observou que os maiores valores de DC foram obtidos com as variedades RB86-7515 e RB72-454 com valores de 2,1 e 2,4 cm, respectivamente. Por outro lado, Silva (2007a) indicou que as variedades que apresentam menor diâmetro médio obtiveram maior perfilhamento.

Os tratamentos com baixo perfilhamento (T2, T3, T6 e T8) (Figura 12) apresentaram valores altos de DC até os 408 DAP (Figura 16). No entanto, ao final do ciclo diminuíram o seu valor, provavelmente porque a planta pode ter alocado a maior parte das suas reservas para o crescimento, limitando o processo de acúmulo de sacarose e, conseqüentemente, o engrossamento do colmo.

A interação entre a qualidade de água e a aplicação de fertilizantes minerais foi significativa aos 408 DAP (Apêndice 2). A irrigação com EET+fertirrigação mostrou menores valores médios de DC, comparado com irrigação com ARS+fertirrigação (Tabela 15). Este fato pode ser explicado considerando que embora os subprodutos como vinhaça e EET possam aportar os nutrientes necessários para a planta, as quantidades aplicadas destes não devem ultrapassar sua capacidade de troca iônica, já que podem afetar o desenvolvimento e crescimento das plantas. (SILVA et al, 2009).

**Tabela 15.** Valores médios de diâmetro do colmo (DC) de cana-de-açúcar em função da aplicação de fertirrigação e da qualidade de água, aos 408 DAP, no ciclo da cana-planta, em Campinas, SP.

Qualidade de água (Q)	DAP	
	408	
	Fertirrigação (F)	
	C	S
EET	3,56 bA	3,59 aA
ARS	3,75 aA	3,50 aB

EET – Efluente de esgoto tratado; ARS – água de reservatório superficial; C – com fertirrigação; S – sem fertirrigação. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

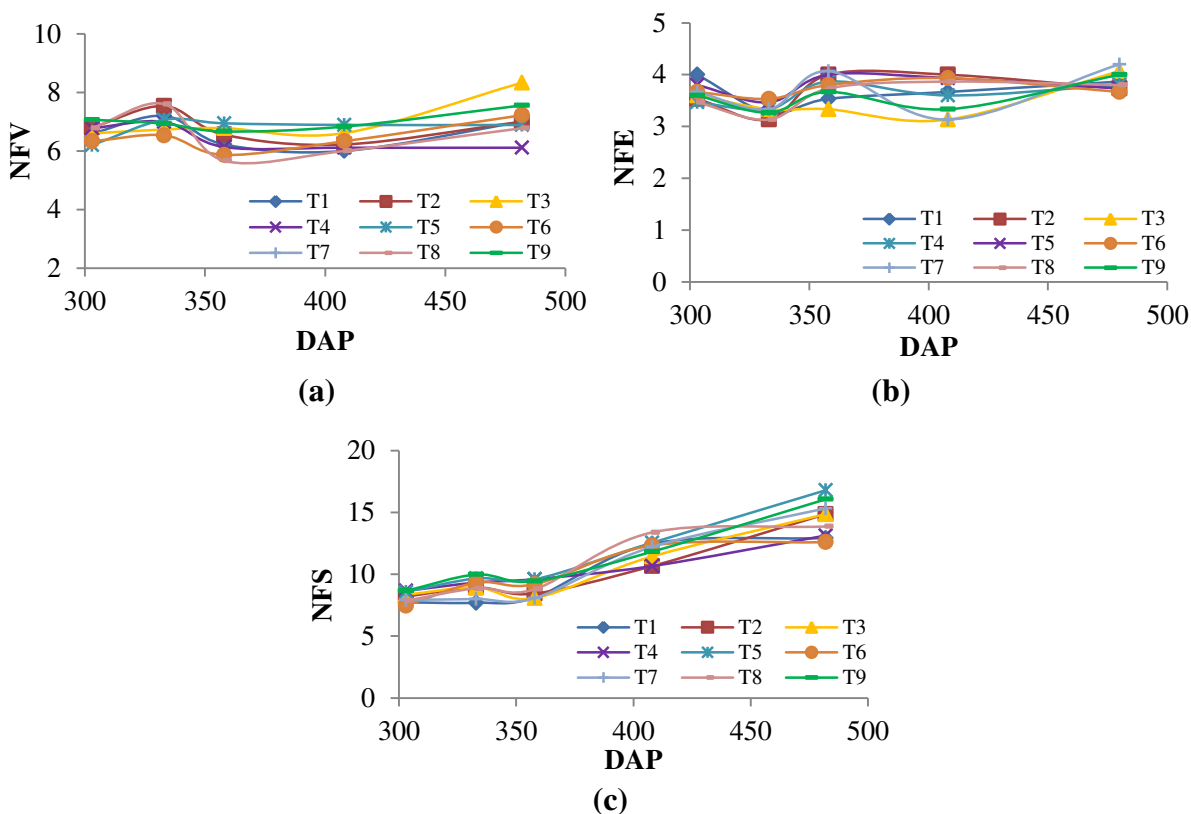
Com o uso de ARS sem fertirrigação, também foram obtidos valores inferiores de DC quando comparado com a aplicação de ARS+fertirrigação. Quando utilizada a ARS o menor aporte nutricional limitou o DC.

Ao se comparar os resultados obtidos de DC em todas as avaliações realizadas verificou-se que não houve diferenças significativas entre os tratamentos (Apêndice 3).

É interessante observar como a disponibilidade hídrica (por precipitação) no estágio de crescimento intenso (caracterizado pelo alongamento do colmo), influenciou positivamente o desenvolvimento das plantas não irrigadas (T1), confirmando assim, o indicado por diversos autores (ROBERTSON et al., 1999; PIMENTEL, 2004; TAIZ e ZEIGER, 2009; INMAMBAMBER e SMITH, 2005; PINCELLI, 2012), em relação à importância da disponibilidade hídrica neste estágio da cultura.

### 6.3.2.6. Número de folhas verdes (NFV), emergentes (NFE) e senescentes (NFS)

Na Figura 17 (a, b e, c), pode-se observar que a variação do NFV e o NFE das plantas foi no geral, similar entre os tratamentos. Em relação ao NFS verificaram-se valores baixos no início do estágio de crescimento intenso (entre 2 e 3 folhas senescentes por planta) e posteriormente houve aumento até atingir de 13 a 17 folhas por planta.



**Figura 17.** Número de folhas verdes (a), emergentes (b) e senescentes (c) da variedade RB86-7515, no ciclo da cana-planta, para os diferentes tratamentos.

Nos tratamentos T1, T2, T4, T5, T7 e T8, o NFV apresentou o valor máximo aos 333 DAP com pequenos decréscimos até a colheita. Entretanto, as plantas dos tratamentos T3, T6

e T9 atingiram o valor máximo de NFV no final do ciclo, diferindo do relatado por Ramesh (2000). O autor cita que, de um modo geral, depois da fase de crescimento intenso, a planta diminui o gasto de energia com produção de folhas verdes. Entretanto, este parâmetro (NFV) depende da variedade adotada podendo atingir valores máximos no estágio de maturação (MACHADO, 1987; RAMESH, 2000).

Oliveira (2007) avaliou o desenvolvimento da área foliar de três cultivares de cana-de-açúcar (RB72-454, RB85-5113 e RB85-5536), em ciclo de cana-planta e observou que o maior número de folhas verdes na variedade RB85-5536 foi alcançado aos 428 DAP. A redução do NFV pode ocorrer em razão do aumento na atividade respiratória da planta para a manutenção das folhas, assim como da idade avançada destas (GOMIDE e GOMIDE, 1999).

Em relação ao NFV, observou-se interação significativa entre os fatores Q x F aos 408 DAP (Apêndice 2), os resultados encontram-se na Tabela 16.

**Tabela 16.** Valores médios de número de folhas verdes (NFV) de cana-de-açúcar aos 408 DAP, em função da qualidade de água e a aplicação de fertirrigação, no ciclo da cana-planta, em Campinas, SP.

Qualidade de água (Q)	DAP	
	408	
	Fertirrigação (F)	
	C	S
EET	10,83 bB	12,17 aA
ARS	13,00 aB	12,17 aA

EET – Efluente de esgoto tratado; ARS – água de reservatório superficial. C – com fertirrigação; S – sem fertirrigação. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p <0,05)

O efeito da irrigação com EET+fertirrigação foi negativo resultando em valores inferiores de NFV aos observados com a aplicação de ARS+fertirrigação. Com a aplicação de EET sem adição de fertilizantes verificou-se maior NFV.

Com relação ao NFV, foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos, aos 408 e 482 DAP (Apêndice 3). Na primeira amostragem, os tratamentos T5, T7 e T9 (tratamentos sem fertirrigação) apresentaram o maior valor médio que foi de 6,93 folhas verdes por planta, diferindo significativamente (P<0,05) do T8 (ARS - 0,40 m – fertirrigado) que resultou em 6 folhas verdes por planta. Já no final do ciclo, o maior e menor

valor médio de NFV foi obtido nos tratamentos T3 (8,33) e T4 (6,07), respectivamente, ambos irrigados com EET, a diferentes profundidades e com ausência ou não da fertirrigação.

A interação entre Q x F proporcionou diferenças significativas no NFS (Apêndice 2), resultando em valores menores, quando realizadas aplicações de EET+fertirrigação (Tabela 17). Neste caso, o menor NFS por planta é favorável, comparada com as outras combinações entre os níveis dos fatores Q e F, onde a maior população de folhas senescentes foi encontrada com a aplicação de ARS+fertirrigação.

**Tabela 17.** Valores médios de número de folhas senescentes (NFS) de cana-de-açúcar aos 408, em função da qualidade de água e aplicação de fertirrigação, no ciclo da cana-planta, em Campinas, SP.

Qualidade de água (Q)	DAP	
	408	
	Fertirrigação (F)	
	C	S
EET	10,83 bB	12,17 aA
ARS	13,00 aA	12,17 aA

EET – Efluente de esgoto tratado; ARS – água de reservatório superficial. C – com fertirrigação; S – sem fertirrigação. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p <0,05)

Os valores médios do NFS apresentaram diferenças significativas aos 408 (Apêndice 3) onde o tratamento T8 mostrou um número médio de 13,33 folhas senescentes por planta, em tanto que o T2 e T4 apresentaram 11 e 10,67 folhas senescentes, respectivamente.

A análise das combinações entre os fatores de variação dos tratamentos para os valores médios do NFE (Apêndice 2) mostrou diferenças significativas na combinação Q x P aos 358 DAP (

Tabela 18).

Dos valores médios obtidos da interação Q x P para o NFE os menores valores foram observados com a aplicação de EET na profundidade de 0,20 m, quando comparado com a irrigação a 0,40 m. Este resultado provavelmente foi influenciado pelo fato do sistema de irrigação estar instalado na profundidade na qual se encontra a maior de parte do sistema radicular da planta (0,40 – 0,60 m), ficando a umidade e os nutrientes facilmente disponíveis para a planta.



**Tabela 18.** Valores médios de número de folhas emergentes (NFE) de cana-de-açúcar aos 358 DAP, em função da qualidade de água e a profundidade de instalação da fita gotejadora, no ciclo da cana-planta, em Campinas, SP.

Qualidade (Q)	DAP	
	358	
	Profundidade (P)	
	0,20 m	0,40 m
EET	3,67 bB	3,93 aA
ARS	3,93 aA	3,70 aA

EET – Efluente de esgoto tratado; ARS – água de reservatório superficial; C – com fertirrigação; S – sem fertirrigação. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p <0,05)

Avaliando a interação entre os fatores P x F aos 408 DAP, o menor valor médio de NFE apresentou-se com a irrigação na profundidade de 0,20 m sem aporte adicional de nutrientes, o qual pode ter sido influenciado pela baixa concentração de nutrientes na ARS, e a que as raízes, poderiam estar concentradas nas profundidades de 0,40 a 0,60 m (Tabela 19).

**Tabela 19.** Valores médios de número de folhas emergentes (NFE) de cana-de-açúcar aos 408 DAP, em função da aplicação de fertirrigação e das profundidades de instalação da fita gotejadora, no ciclo da cana-planta, em Campinas, SP.

Profundidade (P)	DAP	
	408	
	Fertirrigação (F)	
	C	S
0,20 m	3,97 aA	3,13 bB
0,40 m	3,73 aA	3,63 aA

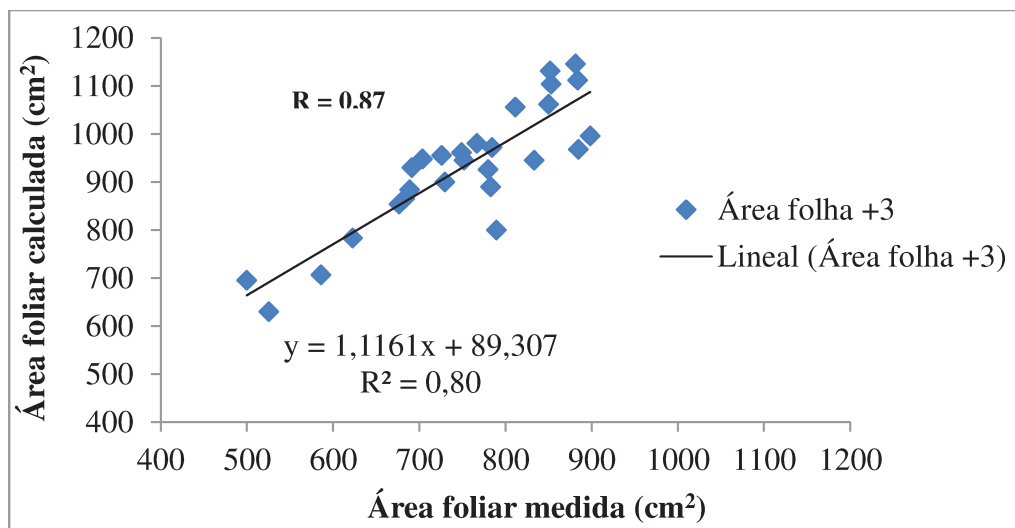
EET – Efluente de esgoto tratado; ARS – água de reservatório superficial; C – com fertirrigação; S – sem fertirrigação. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p <0,05)

O NFE apresentou diferenças significativas entre os tratamentos aos 358 e 408 DAP (Apêndice 3). Aos 358 DAP os maiores valores médios de NFE foram obtidos nos tratamentos T7 (4,07), T2 (4,00) e T4 (4,00), já os menores valores foram encontrados no tratamento T3 com 3,33. Aos 408 DAP o maior e menor valor médio de NFE ocorreram nos tratamentos T2 (4) e T3 (3,13), respectivamente.

### 6.3.2.7. Área foliar (AF) e Índice de área foliar (IAF)

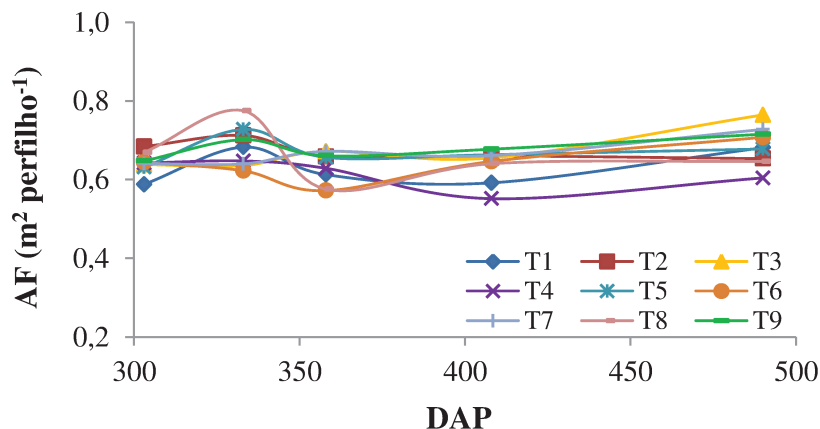
A AF das plantas de cana-de-açúcar é função da variedade e do estágio de desenvolvimento. Desta forma, para estimativa deste parâmetro utilizando o método não

destrutivo proposto por Hermann e Câmara (1999), foi estimado o fator de correção (f) para a variedade RB86-7515 nos estádios de crescimento intenso e maturação (Apêndice 4) o qual resultou em 0,81, difirindo em 7% ao preconizado pelos autores do método. A correlação entre a área foliar calculada (AFc) e a área foliar medida (AFm) é apresentada na Figura 18.



**Figura 18.** Relação entre a área foliar calculada e medida com integrador de área foliar, para a variedade RB86-7517, nos estádios de crescimento intenso e maturação, no ciclo da cana-planta, em Campinas, SP.

Na Figura 19 pode ser observada a variação da AF ao longo do ciclo nos diferentes tratamentos. Verificou-se que a AF alcançou valores próximos nos diferentes tratamentos com aumento pronunciado até os 354 DAP, e se estabilizando a partir desta data.



**Figura 19.** Área foliar (AF) da variedade RB86-7515, no ciclo da cana-planta, para os diferentes tratamentos.

A partir dos 303 DAP as plantas apresentaram valores de AF entre 0,6 e 0,8 m<sup>2</sup>. Segundo Glasziou et al. (1965) cada colmo produz uma folha nova a cada 10 dias aproximadamente, e, devido à senescência das folhas a planta mantém um número praticamente constante de folhas (Machado, 1981).

Não foram observadas interações significativas entre os fatores de variação avaliados para os valores médios de AF (Apêndice 2).

Comparando-se os resultados obtidos em todos os tratamentos, os valores de AF apresentaram diferenças significativas (P<0,05) entre os tratamentos no final do ciclo (Apêndice 3). O maior valor médio foi encontrado no tratamento T3 com 0,77 m<sup>2</sup> e menor no T4 com 0,60 m<sup>2</sup>.

Para os valores de índice de área foliar (IAF) verificaram-se interações significativas entre os fatores avaliados Q x P, aos 358 e 482 DAP (Apêndice 2). Os valores da interação bem como o resultado do teste de médias encontram-se na Tabela 20.

**Tabela 20.** Valores médios do índice de área foliar (IAF, m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>) de cana-de-açúcar em função da qualidade de água e profundidades de instalação da fita gotejadora, aos 358 e 482 DAP, no ciclo da cana-planta, em Campinas, SP.

Qualidade de água (Q)	DAP			
	358		482	
	Profundidade (P)			
	0,20 m	0,40 m	0,20 m	0,40 m
EET	5,42 aB	6,20 aA	5,78 bA	6,17 aA
ARS	5,53 aA	5,22 bA	6,38 aA	5,75 bB

EET – Efluente de esgoto tratado; ARS – água de reservatório superficial. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p <0,05)

Comparando a irrigação com EET nas profundidades de 0,20 e 0,40 m aos 358 DAP, foi possível observar que o valor médio de IAF é estatisticamente inferior no cultivo com fita gotejadora instalada a 0,20 m de profundidade. A irrigação a profundidade de 0,40 m resultou em maiores valores médios de IAF quando aplicado EET quando comparado com a ARS na amostragem aos 358 e 482 DAP. Possivelmente, tal fato tenha ocorrido devido ao maior aporte de nutrientes com a aplicação do efluente, que tem concentrações maiores de macro e micro nutrientes do que a ARS (Tabela 12).

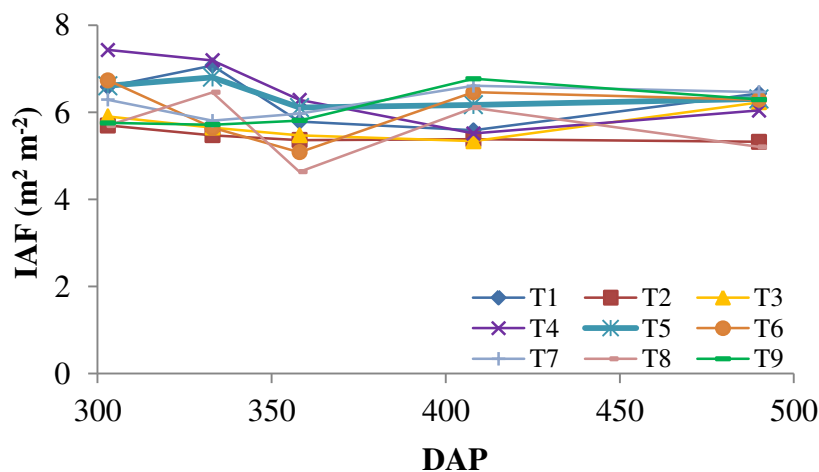
A interação entre qualidade de água e adoção da fertirrigação foi significativa aos 358 DAP para os valores de IAF, sendo os resultados apresentados na Tabela 21. De acordo com os resultados observou-se que com aplicação de ARS+fertirrigação o IAF foi inferior ao observado quando aplicado EET+fertirrigação. Possivelmente, a maior disponibilidade de nutrientes do EET (Tabela 12) promoveu o aumento dos valores de IAF.

**Tabela 21.** Valores médios do índice de área foliar (IAF,  $m^2 m^{-2}$ ) de cana-de-açúcar em função da aplicação de fertirrigação e da qualidade de água, aos 358 e 482 DAP, no ciclo da cana-planta, em Campinas, SP.

Qualidade de água (Q)	DAP	
	358	
	Fertirrigação (F)	
	C	S
EET	5,82 aA	5,79 aA
ARS	4,86 bB	5,89 aA

EET – Efluente de esgoto tratado; ARS – água de reservatório superficial; C – com fertirrigação; S – sem fertirrigação. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

A tendência do desenvolvimento do IAF foi de aumento até aproximadamente os 280 DAP diminuindo levemente até os 358 DAP, se estabilizando a partir deste período (estádio de maturação) (Figura 20), como consequência da diminuição do NFV (Figura 17a) e aumento do NFS (Figura 17b).



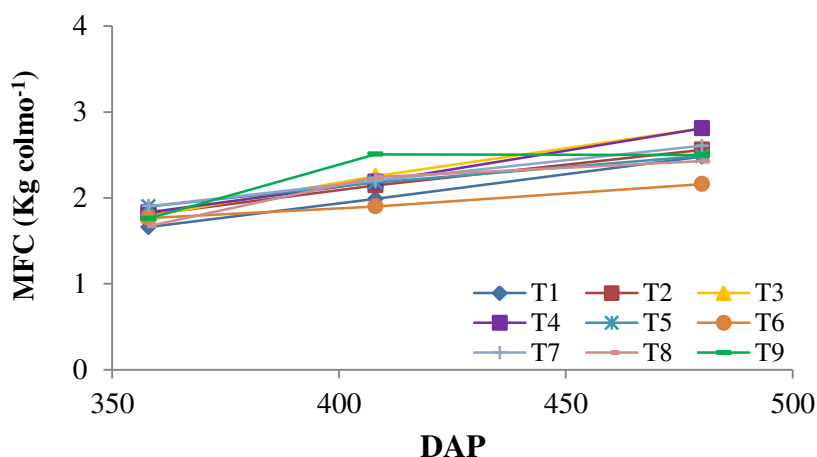
**Figura 20.** Índice de área foliar (IAF) da variedade RB86-7515, no ciclo da cana-planta, para os diferentes tratamentos.

Os resultados da análise de variância dos valores médios do IAF para os tratamentos evidenciou diferença significativa aos 482 DAP (Apêndice 3). Os maiores valores médios de IAF foram alcançados pelos tratamentos T7 (ARS – 0,40 m – sem fertirrigação) e T1 (sem irrigação) com 6,47 e 6,43  $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$ , respectivamente, já o menor valor médio foi para o T8 com 5,21  $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$ . A média geral dos valores de IAF entre os tratamentos ficou na faixa entre 5,61 (aos 358 DAP), chegando a um valor médio de 6,07  $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$  aos 482 DAP.

### 6.3.3. Parâmetros tecnológicos e produtividade

#### 6.3.3.1. Massa fresca do colmo (MFC)

Na Figura 21 são apresentados os valores de MFC para os tratamentos, obtidos aos 358, 408 e 482 DAP, com taxa de ganho de massa fresca de 0,38  $\text{kg dia}^{-1}$ .



**Figura 21.** Massa fresca do colmo (MFC) da variedade RB86-7515, no ciclo da cana-planta, para os diferentes tratamentos.

A interação entre os fatores P x F foram significativas conforme os resultados apresentados no Apêndice 5. De acordo com os resultados notou-se que a fertirrigação na profundidade de 0,20 m mostrou resultados inferiores de MFC comparado com a irrigação sem fertirrigação na mesma profundidade (

Tabela 22).

**Tabela 22.** Valores médios da massa fresca do colmo (MFC) de cana-de-açúcar em função da aplicação de fertirrigação e das profundidades de instalação da fita gotejadora, aos 482 DAP no ciclo da cana- planta, em Campinas, SP.

Profundidade (P)	DAP	
	482	
	Fertirrigação (F)	
	C	S
0,20 m	2,36 aB	2,71 aA
0,40 m	2,62 aA	2,49 aA

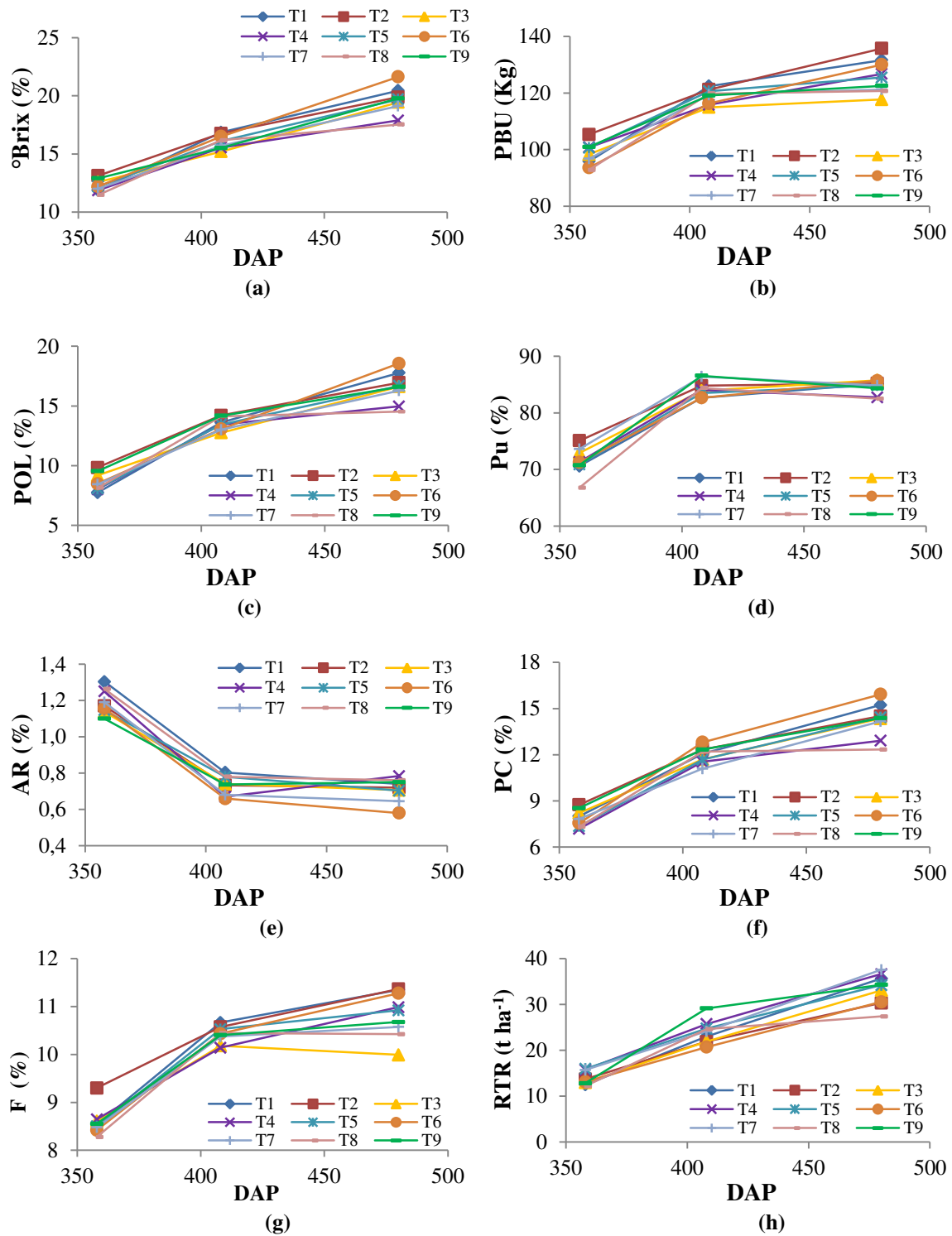
C – com fertirrigação; S – sem fertirrigação. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p <0,05)

Avaliando os efeitos da aplicação de lodo de esgoto (LE), complementado ou não com adubos NP, NK, PK e NPK, sobre a nutrição e produtividade e cana-de-açúcar, Silva et al. (2010) concluíram que a adição de LE promoveu o incremento de produção de biomassa de colmos e, conseqüentemente, a produtividade de açúcar, sem alterar as variáveis tecnológicas.

A análise de variância dos valores médios de MFC não apresentou diferenças significativas (P<0,05) entre os tratamentos estudados (Apêndice 6). Resultados semelhantes aos apresentados na

Tabela 22 foram obtidos por Barbosa et al., (2012) que avaliando o efeito da aplicação da vinhaça e da fertirrigação mineral via IGS nas características biométricas na fase de maturação, na produção de colmos, na qualidade tecnológica e no rendimento de açúcar teórico recuperável da cana-de-açúcar, observou que a MFC não foi afetada pelos tratamentos.

O teor de sólidos solúveis do caldo (BRIX), peso do bagaço úmido (PBU), teor de sacarose aparente do caldo (POL), pureza aparente do caldo (Pu), açúcares redutores do caldo (AR), pol da cana-de-açúcar (PC), fibra da cana-de-açúcar (Fb), rendimento de açúcar teórico recuperável (RTR) para cada tratamento, aos 358, 408 e 482 DAP são apresentados na Figura 22.



**Figura 22.** Teor de sólidos solúveis do caldo (BRIX, a), peso do bagaço úmido (PBU, b), teor de sacarose aparente do caldo (POL, c), pureza aparente do caldo (Pu, d), açúcares redutores do caldo (AR, e), fibra da cana-de-açúcar (Fb, f), pol da cana-de-açúcar (PC, g), rendimento de açúcar teórico recuperável (RTR, h), para cada tratamento, aos 358, 408 e 482 DAP.

### 6.3.3.2. Teor de sólidos solúveis do caldo (BRIX)

Em relação ao Brix observou-se interação significativa entre os fatores profundidade e qualidade de água ( $P < 0,05$ ) (Apêndice 5). O maior valor foi obtido com aplicação de EET na profundidade de 0,20 m, comparado com a irrigação com ARS na mesma profundidade (Tabela 23). É possível que a composição química do EET com concentrações maiores de alguns nutrientes quando comparado com a ARS, tenha favorecido o Brix.

**Tabela 23.** Valores médios de teor de sólidos solúveis do caldo (BRIX) de cana-de-açúcar em função da qualidade de água e das profundidades de instalação da fita gotejadora, aos 358 DAP no ciclo da cana- planta, em Campinas, SP.

Qualidade de água (Q)	DAP	
	358	
	Profundidade (P)	
	0,20 m	0,40 m
EET	12,85 aA	12,03 aA
ARS	11,60 bA	12,18 aA

ET – Efluente de esgoto tratado; ARS – água de reservatório superficial. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

A aplicação de ARS na profundidade de 0,20 m resultou em menores valores de BRIX, quando comparado com a aplicação a 0,40 m, o qual pode ser explicado já que segundo Doorembo e Kassam (1994), o sistema radicular da planta no estágio de crescimento intenso encontra-se concentrado nas profundidades de 0,40 – 0,60 m, ficando a água de irrigação mais facilmente disponível para ser aproveitada pela planta.

A interação entre a profundidade de instalação da fita gotejadora e a aplicação ou não da fertirrigação foi significativa aos 358 e aos 482 DAP (Tabela 24).

**Tabela 24.** Valores médios de sólidos solúveis do caldo (BRIX) de cana-de-açúcar em função da aplicação de fertirrigação e das profundidades de instalação da fita gotejadora, aos 358 e 482 DAP no ciclo da cana- planta, em Campinas, SP.

Profundidade (P)	DAP			
	358		482	
	Fertirrigação (F)			
	C	S	C	S
0,20 m	12,65 aA	11,80 aB	19,32 aA	20,76 aA
0,40 m	11,66 bB	12,55 aA	19,74 aA	18,03 bB

EET – Efluente de esgoto tratado; ARS – água de reservatório superficial; C – com fertirrigação; S – sem fertirrigação.



Aos 358 e aos 482 DAP a aplicação de fertirrigação na profundidade de 0,20 m favoreceu o Brix, quando comparado com a fertirrigação a 0,40 m de profundidade. De acordo com estes resultados observa-se diferenças favorecendo a profundidade de 0,20 m nas duas datas, mas em uma delas com e em outra sem fertirrigação. Considerando ainda a aplicação aos 0,40 m de profundidade verificaram-se resultados divergentes quando se compara com e sem fertirrigação nas duas datas avaliadas. Provavelmente resultados conclusivos sobre o efeito das variáveis analisadas poderão ser melhor expressas quando os tratamentos forem implantados durante todo o ciclo de cultivo e ainda haverá o efeito da aplicação continuada dos tratamentos.

Ao se comparar todos os tratamentos observou-se que houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos (Apêndice 6) para os valores médios de Brix. O maior valor (21,63%) foi obtido no tratamento T6 (ARS - 0,20 m – com fertirrigação) e o menor (17,52%) no tratamento T8 (ARS - 0,40 m – com fertirrigação).

Os valores médios de BRUX nos tratamentos T8 e T4 foram menores do que o estabelecido para industrialização da cana-de-açúcar, o qual deve ser maior ao 18% (MARQUES, 2001; RIPOLI e RIPOLI, 2004), o que sugere que, no momento da colheita a planta não tinha atingido o ponto de maturação para ser colhida.

#### **6.3.3.3. Peso do bagaço úmido (PBU)**

Os valores médios do PBU não apresentaram interações significativas entre os fatores avaliados (Apêndice 5). Entretanto, houve diferenças significativas entre os tratamentos aos 358 e 482 DAP (Apêndice 6). No final do ciclo a média geral de PBU foi de 125,74 kg, sendo o maior valor atingido no T2 (137,71 kg) e o menor no T3 (117,68 kg). Os dois tratamentos foram irrigados com EET na profundidade de 0,20 m, diferindo apenas na fertirrigação aplicada no T2.

#### **6.3.3.4. Sacarose aparente do caldo (POL)**

De um modo geral, os valores médios de POL ao longo do tempo foram similares entre os tratamentos, exceto no T4 e no T8 que no final do ciclo apresentaram pequeno aumento (Figura 22c).

A interação P x F foi significativa no final do ciclo da cana planta (Apêndice 5), indicando que a fertirrigação a 0,40 m influenciou negativamente a POL conforme a Tabela 25. Da mesma forma que o citado na discussão sobre os dados de Brix (Tabela 24) a expressão do efeito dos fatores provavelmente poderia ter sido alcançada caso houvesse a possibilidade de imposição dos tratamentos desde o início do experimento.

**Tabela 25.** Valores médios de sacarose aparente do caldo (POL) da cana-de-açúcar em função da aplicação de fertirrigação e das profundidades de instalação da fita gotejadora, aos 482 DAP no ciclo da cana- planta, em Campinas, SP.

Profundidade (P)	DAP	
	482	
	Fertirrigação (F)	
	C	S
0,20 m	17,76 aA	15,55 aA
0,40 m	14,82 bB	16,66 aA

C – com fertirrigação; S – sem fertirrigação. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p <0,05)

Comparando-se o efeito de todos os tratamentos observou-se efeito significativo sobre a variável tecnológica POL aos 358 e 482 DAP (Apêndice 6). Aos 358 DAP o maior valor médio foi 9,84% no T2 (EET – 0,20 m – com fertirrigação) e o menor de 7,75% obtido no T1 (sem irrigação).

No momento da colheita (482 DAP) o maior valor médio de POL obtido foi 18,57%, influenciado pela aplicação de ARS+0,20 m+fertirrigação (T6) e o menor de 14,52% obtido pelo tratamento T8 (ARS – 0,40 m – com fertirrigação).

Em geral os baixos valores de POL podem estar influenciados pelo tombamento da cana, já que segundo Carlin et al. (2008), com o tombamento das plantas, há deterioramento e morte de colmos, onde a brotação de novos perfilhos que no momento da colheita podem não estar o suficientemente maduros, diminuindo significativamente o teor de sacarose aparente do caldo.

#### 6.3.3.5. Pureza (Pu)

Os valores médios da Pu não apresentaram interações significativas entre os fatores analisados (Apêndice 5). Também não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para Pu (Apêndice 6).

Os valores de Pu no final do ciclo da cana-planta estiveram entre 82,47% e 85,76%, dentro dos limites estabelecidos para industrialização da cana-de-açúcar.

#### **6.3.3.6. Açúcares redutores do caldo (AR)**

A avaliação dos valores médios de AR não resultou em interação significativa entre os fatores avaliados (Apêndice 5). Entretanto, houve diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos aos 358 e 482 DAP (Apêndice 6). O tratamento T1 (sem irrigação) apresentou o maior valor médio de AR (1,30%) comparado com o T9 no qual se observou o menor valor (1,10%) aos 358 DAP.

No momento da colheita, o tratamento T6 (ARS – 0,20 m – com fertirrigação) com 0,58% obteve o menor valor médio de AR comparado com o T4 (EET – 0,40 m – com fertirrigação) que apresentou valor médio de 0,78%, próximo ao limite estabelecido para industrialização da cana-de-açúcar ( $< 0,8\%$ ).

Avaliando o efeito da aplicação de lodo de esgoto como fonte de N e de vinhaça como fonte de K comparado ao uso de fontes minerais desses nutrientes sobre a produtividade e variáveis agroindustriais da cana-de-açúcar, por dois anos consecutivos (cana-planta e cana-soca), Tasso Junior et al., (2007) verificaram que a associação de lodo de esgoto + vinhaça proporcionou teores de AR no caldo maiores do que os obtidos com a utilização isolada dos resíduos, indicando que o aumento da dose de nutrientes resulta em maiores teores de AR, sendo indicativo da permanência da cana por mais tempo em estado vegetativo.

#### **6.3.3.7. Sacarose aparente da cana-de-açúcar (PC)**

A interação entre P x F foi significativa para os valores de PC aos 482 DAP (Apêndice 5). Os resultados indicaram que a aplicação a 0,40 m de profundidade resultou em valores menores quando comparado à aplicação a 0,20 m de profundidade. Na profundidade de 0,40 m observou-se que sem a fertirrigação o valor de PC foi maior quando comparada ao observado com adição de fertirrigação (Tabela 26).

Da mesma forma que o observado para POL (Tabela 25), estes resultados provavelmente foram influenciados pelo acúmulo de nutrientes em profundidade gerando um desequilíbrio no complexo de troca catiônica. Oliveira (2008) indicou que no estágio de

maturação, o N em excesso, é a maior causa da baixa qualidade, em termos de conteúdo de sacarose.

**Tabela 26.** Valores médios de sacarose aparente da cana-de-açúcar (PC) em função da aplicação de fertirrigação e das profundidades de instalação da fita gotejadora, aos 482 DAP no ciclo da cana- planta, em Campinas, SP.

Profundidade (P)	DAP	
	482	
	Fertirrigação (F)	
	C	S
0,20 m	15,22 aA	14,36 aA
0,40 m	12,79 bB	14,40 aA

C – com fertirrigação; S – sem fertirrigação. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p <0,05)

O tratamento T6 (ARS – 0,20 m – com fertirrigação) com valor médio de 15,93% de PC foi significativamente maior do que os tratamentos T4 (EET – 0,40 m – com fertirrigação) e T8 (ARS – 0,40 m – com fertirrigação) que apresentaram valores de 12,91 e 12,34% aos 482 DAP (Apêndice 6).

#### 6.3.3.8. Fibra (Fb)

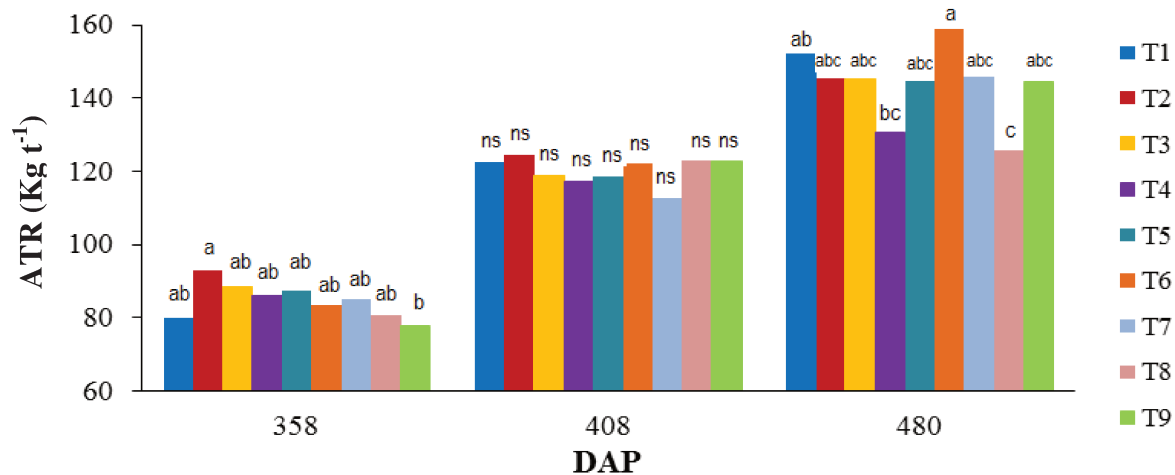
Para a variável fibra (Fb) as interações não foram significativas entre os fatores analisados (Apêndice 5). No entanto, a comparação de médias entre tratamentos foi significativa, aos 358 DAP. As plantas do T2 apresentaram valor médio de 9,30% em quanto no T8 alcançaram 8,28% (Apêndice 6). No final do ciclo, os valores de Fb variaram entre 9,99 e 11,37%, sendo que somente nos tratamentos T1 e T2 foram atingidos os valores adequados para industrialização (11 – 13 %).

#### 6.3.3.9. Rendimento teórico recuperável (RTR)

A interação entre os fatores analisados para RTR não foram significativas nas diferentes épocas de avaliação (Apêndice 5). Por outro lado, na comparação entre os tratamentos notou-se que aos 358 DAP houve diferença significativa quanto ao RTR. Os maiores valores médios ocorreram nos tratamentos T5, T4 e T7 atingindo valores de 15,97; 15,76 e 15,71 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. O menor valor foi observado no T8 com 12,17 t ha<sup>-1</sup> (Apêndice 6).

### 6.3.3.10. Açúcar total recuperável (ATR)

Na Figura 23 são apresentados os valores médios de ATR obtidos aos 358, 408 e 482 DAP.



**Figura 23.** Açúcar total recuperável (ATR) da variedade RB86-7515, no ciclo da cana-planta, para os diferentes tratamentos.

Pode-se observar que aos 358 DAP o ATR nos diferentes tratamentos era baixo aumentando para o período seguinte (início do estágio de maturação) até o momento da colheita. O tratamento T2 que inicialmente apresentava o maior valor de ATR, no final do ciclo da cana-planta, manteve-se na média considerando os outros tratamentos.

A interação P x F foi significativa para os valores de ATR aos 408 e 482 DAP (Apêndice 5). Na avaliação do fator P dentro dos níveis de F aos 408 DAP, a irrigação sem aporte adicional de nutrientes na profundidade de 0,20 m, resultou em menor valor médio de ATR comparado com o obtido com a aplicação de fertirrigação na mesma profundidade (Tabela 27).

**Tabela 27.** Valores médios de açúcar total recuperável (ATR) de cana-de-açúcar em função da aplicação de fertirrigação e das profundidades de instalação da fita gotejadora, aos 408 e 482 DAP no ciclo da cana-planta, em Campinas, SP.

Profundidade (m)	DAP			
	408		482	
	Fertirrigação (F)			
	C	S	C	S
0,20 m	13,94 aA	12,71 aB	16,67 aA	15,69 aA
0,40 m	13,23 aA	13,40 aA	13,94 bB	15,89 aA

C – com fertirrigação; S – sem fertirrigação. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p <0,05)

A diferença encontrada na interação P x F aos 408 DAP indica que a planta que não recebeu aporte adicional de nutrientes, além dos proporcionados pela água de irrigação, ficando em déficit nutricional, limitando a produção de ATR. Aos 482 DAP o valor médio de ATR obtido com a aplicação de F na profundidade de 0,40 m, foi significativamente menor do que o obtido com a irrigação (sem fertirrigação) na mesma profundidade. Ainda o valor de ATR foi favorecido com a aplicação da fertirrigação a 0,20 m quando comparado a 0,40 m aos 482 DAP. Estes resultados indicaram tendência similar aos observados nos resultados de POL e PC (Figura 22), nos quais a fertirrigação a 0,40 m também influenciaram negativamente os valores obtidos, provavelmente pela concentração de nutrientes em profundidade que limitou a troca catiônica entre estes.

No final do ciclo, foram encontradas diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos (Apêndice 6) em relação à ATR. O tratamento T6 (ARS – 0,2 m – com fertirrigação) apresentou maior valor médio de ATR ( $158,98 \text{ kg t}^{-1}$ ), sendo superior em  $7,01 \text{ kg t}^{-1}$ , ao T8 (ARS – 0,40 m – com fertirrigação) que obteve o menor valor de ATR no final do ciclo.

#### 6.3.3.11. Estimativa de produção de colmos (EPC)

Houve interação significativa entre fatores na análise de EPC por hectare. As interações foram significativas para as interações P x F (Tabela 28) e Q x F (Tabela 29) (Apêndice 5). De acordo com os resultados apresentados na Tabela 28, a fertirrigação a 0,20 m de profundidade não favoreceu a produção de colmos. Por outro lado, a fertirrigação aplicada a 0,40 m de profundidade favoreceu a produção de colmos quando comparada aos resultados obtidos a 0,20 m.

**Tabela 28.** Valores médios da estimativa da produção de colmos por hectare (EPC) de cana-de-açúcar em função da aplicação de fertirrigação e das profundidades de instalação da fita gotejadora, aos 482 DAP no ciclo da cana- planta, em Campinas, SP.

Profundidade (P)	DAP	
	482	
	Fertirrigação (F)	
	C	S
0,20 m	200,16 bB	242,13 aA
0,40 m	249,76 aA	237,18 aA

C – com fertirrigação; S – sem fertirrigação. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

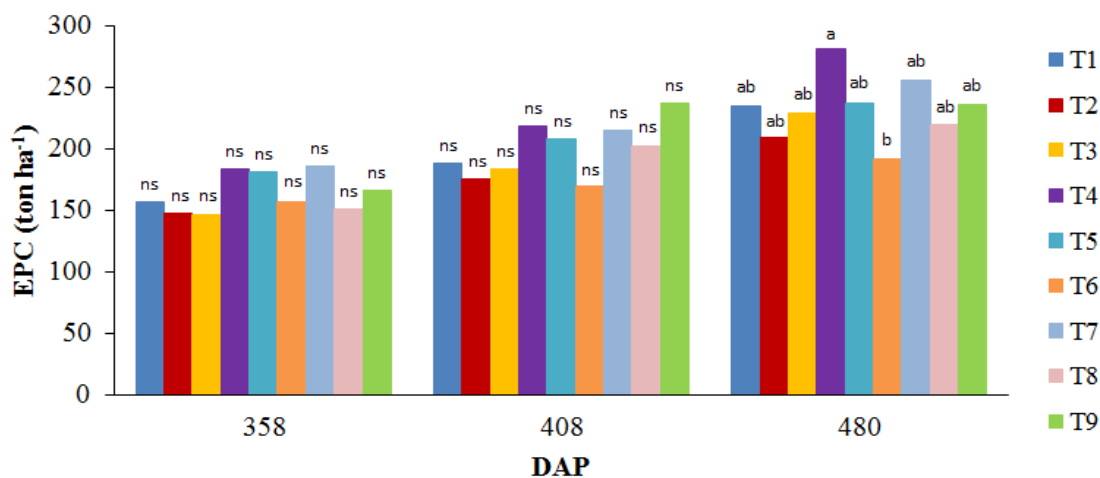
Conforme os resultados mostrados na Tabela 29, verificou-se que com a aplicação de ARS + F o valor médio de EPC foi menor aos obtidos quando aplicado somente ARS. A fertirrigação aplicada com o EET favoreceu a EPC em relação à aplicação de ARS + fertirrigação.

**Tabela 29.** Valores médios da estimativa da produção de colmos por hectare (EPC) de cana-de-açúcar em função da qualidade de água e a aplicação de fertirrigação, aos 482 DAP no ciclo da cana- planta, em Campinas, SP.

Qualidade de água (Q)	DAP	
	482	
	Fertirrigação (F)	
	C	S
EET	245,01 aA	232,69 aA
ARS	204,91 bB	246,62 aA

EET – Efluente de esgoto tratado; ARS – água de reservatório superficial; C – com fertirrigação; S – sem fertirrigação. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p <0,05)

Comparando-se todos os tratamentos em relação à EPC, só foram evidenciadas diferenças significativas entre os tratamentos aos 482 DAP (Apêndice 6). A aplicação combinada de EET + fertirrigação na profundidade de 0,40 m (T4) favoreceu a produção de colmos, que atingiu 281 t ha<sup>-1</sup>, superior à obtida com a testemunha (sem irrigação e com adubação convencional – T1) em 47 t ha<sup>-1</sup>. Os menores valores de EPC foram obtidos com os tratamentos T8, T2 e T6 (219, 209 e 192 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente) os quais tem como fator comum a fertirrigação (Figura 24).



**Figura 24.** Estimativa da produção de colmos por hectare (EPC) da variedade RB86-7515, no ciclo da cana-planta, para os diferentes tratamentos.

A EPC média alcançada no final do ciclo da cana-planta foi de 232,5 t ha<sup>-1</sup>. No geral, os resultados obtidos da produtividade média em cada tratamento superaram os dados preconizados por Doorembos e Kassam (1994), os quais indicam que o rendimento médio da cana-de-açúcar produzida em condições de irrigação nos trópicos e subtropicais secos varia entre 100 e 150 t ha<sup>-1</sup>, e nos trópicos úmidos em condição de sequeiro, entre 70 e 100 t ha<sup>-1</sup>, sendo estes resultados considerados satisfatórios.

Dados similares foram encontrados por Gava et al. (2011) estudando o efeito da irrigação por gotejamento subsuperficial, nas cultivares de cana-de-açúcar RB86-7515, RB85-5536 e SP80-3280, em dois ciclos de produção (cana-planta e cana-soca). Os autores observaram que com o uso do gotejamento houve elevação de 24% na produtividade de colmos em relação ao manejo em condições de sequeiro. Porém, os valores de produtividade obtidos para as variedades RB86-7515, RB85-5536 e SP80-3280 no ciclo da cana-planta no manejo irrigado foram de 140,9; 119,2 e 136,5 t ha<sup>-1</sup> respectivamente, e para o não irrigado de 115,8; 112,1 e 91,9 t ha<sup>-1</sup> respectivamente, valores estes menores que os obtidos no presente estudo.

Na avaliação dos efeitos da irrigação com EET na produtividade, extração de nutrientes pelo colmo, e atributos químicos do solo, em um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar em Lins –SP, Leal et al. (2009) concluíram que nos tratamentos onde a irrigação foi realizada com EET, a produtividade foi influenciada positivamente, alcançando produtividades de até 250 t ha<sup>-1</sup>, quase 100 t ha<sup>-1</sup> a mais das obtidas no tratamento sem irrigação e sem adubação nitrogenada. Além disso, os autores sugerem que produções entre 175–250 t ha<sup>-1</sup> são possíveis de obtenção com a aplicação de EET com gotejamento subterrâneo e adequado manejo, pelo menos no curto prazo no primeiro ciclo da cultura. Esta afirmação pode ser verificada nos dados obtidos no presente estudo (Figura 24).

No estudo realizado por Barbosa et al. (2012) para avaliar o efeito da irrigação, da aplicação de vinhaça e da fertirrigação mineral via irrigação por gotejamento subsuperficial, nos parâmetros biométricos na fase de maturação, EPC, qualidade do caldo e RTR na cultura da cana-de-açúcar no ciclo da cana-planta em Guaíra - SP, os autores observaram que a EPC foi alterada significativamente ( $p < 0,05$ ) pelo uso da irrigação e fertirrigação por gotejamento enterrado, com a dose de vinhaça atendendo às necessidades de K e complementação do N e



P, apresentando o maior valor de EPC ( $231,2 \text{ t ha}^{-1}$ ), sendo esta superior em  $16,6 \text{ t ha}^{-1}$  à obtida no tratamento não irrigado.

Com a aplicação de EET+fertirrigação na profundidade de 0,40 m (T4) foi alcançado o maior valor de EPC, porém, de acordo com os valores recomendados para industrialização da cana-de-açúcar (MARQUES, 2001; RIPOLI e RIPOLI, 2004; ASSIS et al., 2004) este tratamento apresentou baixos valores de Brix e ATR, provavelmente pelo fato de que a planta utilizou a maior parte da sua energia no acúmulo de massa e a que a planta no momento da colheita ainda não tinha atingido a maturação. Ressaltasse que a fertirrigação no ciclo da cana-planta iniciou tardiamente devido a problemas operacionais ocorridos na instalação do experimento, o que pode ter influenciado com algum atraso no aporte nutricional em relação à marcha de absorção de nutrientes.

No estudo realizado por Deon et al. (2010) foram encontrados resultados similares no ciclo da primeira cana-soca, onde os tratamentos irrigados apresentaram redução significativa do teor de sólidos solúveis totais no caldo da cana, porém os autores indicam que este comportamento era esperado e decorreu do maior vigor das plantas irrigadas.

Magalhães (2010) indica que nos latossolos, assim como em outros solos explorados com canavicultura industrial, o efeito da aplicação de subprodutos como a vinhaça ou EET na cultura de cana-de-açúcar, na maioria das vezes eleva a produtividade em detrimento do acúmulo de sacarose, quando aplicado em doses elevadas também os açúcares redutores.

Avaliando os efeitos do tombamento e o aparecimento de perfilhos, nos parâmetros biométricos e na produtividade de duas variedades de cana-de-açúcar (IAC86-2210 e SP80-1842, com moderada e elevada tendência ao tombamento, respectivamente), Carlin et al. (2008), encontraram maiores valores de produção de colmos por hectare aos 50 e 95 dia após do tombamento, nas duas variedades, comparado com os tratamentos não tombados, indicando que as diferenças nas produtividades entre os tratamentos tombados e não tombados, são reflexo do aumento dos perfilhos, promovidos pelo incremento de brotões. No entanto, também argumentam que a maior produtividade, não está associada à qualidade da matéria-prima, já que nos perfilhos novos o teor de sacarose é pequeno e o de açúcares redutores é elevado (BERDING et al., 2005).

### 6.3.3.12. Eficiência no uso da água (EUA)

Na Tabela 30 são apresentados os valores médios da eficiência no uso da água (EUA).

**Tabela 30.** Eficiência do uso da água (EUA) na produção de colmos da cana-de-açúcar variedade RB86-7515, no ciclo da cana-planta.

Tratamento	UTA	UTA	EPC	EPC	EUA
	(mm)	(m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	(ton ha <sup>-1</sup> )	(kg ha <sup>-1</sup> )	(kg m <sup>3</sup> )
T1 (sem irrigação)	2147	21469	234,2	234222,2	10,9
T2 (EET – 0,20 - C)	2979	29793	208,6	208592,6	7,0
T3 (EET – 0,20 - S)	2826	28262	229,0	228963,0	8,1
T4 (EET – 0,40 - C)	2986	29860	281,0	281000,0	9,4
T5 (EET – 0,40 - S)	2909	29086	237,2	237154,3	8,2
T6 (ARS – 0,20 - C)	2987	29870	192,0	192000,0	6,4
T7 (ARS – 0,20 - S)	2830	28301	254,9	254874,1	9,0
T8 (ARS – 0,40 - C)	2946	29455	219,1	219074,1	7,4
T9 (ARS – 0,40 - S)	2897	28972	236,1	236111,1	8,1

UTA – uso total de água, EPC – estimativa de produção de colmos, EUA – eficiência de aplicação

Pode-se observar que o tratamento não irrigado (T1) proporcionou maior EUA, quando comparado com os tratamentos irrigados, o que está relacionado às precipitações apresentadas no ciclo da cana-planta (Figura 10), que permitiram o bom desenvolvimento das plantas no tratamento T1. Arantes (2012), estudando 4 cultivares de cana-de-açúcar (RB867515, RB855536, SP83-2847, SP89-1115) irrigadas via gotejamento subsuperficial, encontraram para a variedade RB86-7515 valores de EUA de 5,3 kg m<sup>-3</sup> no tratamento irrigado e de 5,9 no não irrigado, indicando que a maior EUA obtida no tratamento sem irrigação, foi devida às precipitações ocorridas na safra 2009/2010 as quais contribuíram para o bom desempenho do tratamento sem irrigação, diminuindo as diferenças com os tratamentos irrigados.

Comparando os tratamentos irrigados, o T4 (EET-0,40 m – fertirrigado) apresentou o maior valor de EUA (9,4 kg m<sup>-3</sup>) sendo superior em 3 kg m<sup>-3</sup> comparado ao T6 (ARS – 0,20 m - fertirrigado) que obteve o menor valor (6,4 kg m<sup>-3</sup>). Segundo o indicado por Matioli (1998), estabelecer uma relação entre a produção e o consumo de água pela cana-de-açúcar torna-se difícil considerando às variações de localização, ambiente de produção e variedades.

## 7. CONCLUSÕES

A irrigação com efluente de esgoto tratado na profundidade de 0,40 m (tratamento T5) no estágio de crescimento intenso, não promoveu aumento nos valores dos atributos agrônômicos e tecnológicos da cana-de-açúcar variedade RB86-7515.

A irrigação com efluente de esgoto tratado junto com a fertilização realizada por gotejamento subsuperficial instalado a 0,40 m de profundidade (tratamento T4), promoveu aumento de 17% na produtividade média, no ciclo da cana-planta comparado com a cultura em sequeiro e com adubação convencional. No entanto apresentando valores menores em atributos qualitativos tais como teor de sólidos solúveis, açúcar total recuperável, teor de sacarose aparente do caldo e maior valor dos açúcares redutores.

Comparando-se as duas profundidades de instalação do sistema irrigação por gotejamento subsuperficial, verificou-se que, houve efeito positivo da instalação a 0,20 m de profundidade no número de folhas verdes, área foliar, teor de sólidos solúveis, teor de sacarose aparente do caldo, pureza, valor dos açúcares redutores e teor de sacarose aparente da cana.

Na comparação das duas qualidades de água verificou-se que, o uso de efluente de esgoto tratado favoreceu a MFC. Por outra parte, considerando a interação entre qualidade de água e fertirrigação, observou-se que a estimativa de produção de colmos foi maior quando utilizado efluente de esgoto tratado com fertirrigação.

Os resultados obtidos sobre o efeito ou não da adoção da fertirrigação, não foram conclusivos em relação às análises dos atributos tecnológicos e estimativa de produção de colmos, havendo necessidade de maior tempo de observação.

## **8. SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES**

A pesar das altas produtividades obtidas neste experimento, no ciclo da cana-planta, é recomendável realizar um monitoramento contínuo, nos diferentes ciclos da cana-de-açúcar, com a finalidade de obter informações precisas ao respeito das respostas agronômicas e tecnológicas da planta à irrigação com efluente de esgoto tratado, aplicado via gotejamento subsuperficial, nos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura de cana-de-açúcar.

De acordo com os resultados obtidos, o aporte de nutrientes à cultura irrigada com efluente de esgoto tratado, deve ser realizado considerando não só a marcha de absorção de nutrientes da planta, mas também deve considerar-se a composição química do efluente, com a finalidade de evitar o acúmulo de nutrientes no sistema radicular e a competição de absorção de nutrientes pela raiz da planta, além de racionalizar o uso de fertilizantes químicos e os custos de produção.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU Jr., C.H.; BOARETTO, A.E.; MURAOKA, T.; KIEHL, J. Uso agrícola de resíduos orgânicos potencialmente poluentes: propriedades químicas do solo e produção vegetal. *Tópicos em Ciências do. Solo*, v.4, p. 391-470, 2005.
- ALFONSO, O. Raio X dos canaviais: Censo revela variedades mais cultivadas. *Revista Canavieiros*. Sertãozinho, 39ed. Ano IV. p. 20-21. Set. 2009.
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998, 297p. FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56.
- ALMEIDA, A.C. dos S.; SOUZA, J.L.; TEODORO, I.; BARBOSA, G.V.S.; MOURA FILHO, G.; FERREIRA JUNIOR, R.A. Desenvolvimento vegetativo e produção de variedades de cana-de-açúcar em relação à disponibilidade hídrica e unidades térmicas. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1441-1448, set./out., 2008.
- ANGELOCCI, L.R. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera**: Introdução ao tratamento biofísico. Piracicaba: O autor, 2002. 272p.
- ANJOS, I.A.; FIGUEIREDO, P.A. Aspectos fitotécnicos do plantio. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.; LANDELL, M.G. **Cana-de-açúcar**. 1ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008, v.1, p. 585-598.
- APHA - American Public Health Association. **Standard methods for examination of water and wastewater**. 19.ed. Washington, DC. 1995. 1193 p.
- ARANTES, M.T. **Potencial produtivo de cultivares de cana-de-açúcar sob os manejos irrigado e sequeiro**. 2012. 65 p. Dissertação (mestrado em agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu –SP.
- ASANO, T.; PETTYGROVE, G.S. Using reclaimed municipal wastewater for irrigation. *California Agriculture*, Berkeley, v. 41, n. 3/4, p. 15-18, 1987.
- ASSIS, P.C. de O.; LACERDA, R.D. de; AZEVEDO, H. M.; DANTAS-NETO, J.; FARIAS, C.H.A. Resposta dos parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar a diferentes lâminas de irrigação e adubação. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*. v. 4, n. 2, 2004.

- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução: GHEYI, R.H.; MEDEIROS, J. F.; DAMASCENO, E.F.A.V. Campina Grande: UFPB, 1991. 218 p. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, n.29).
- AZEVEDO, H.M. Irrigação localizada. **Informe Agropecuário**, v.12, n.139, p. 40-53, 1986.
- BARBOSA, F. **Resistência à seca em cana-de-açúcar para diferentes níveis de disponibilidade hídrica no solo**. 2010. 81p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- BARBOSA, E.A.A.; ARRUDA, F.B.; PIRES, R.C.M; SILVA, T.J.A. da; SAKAI E. Cana-de-açúcar fertirrigada com vinhaça e adubos minerais via irrigação por gotejamento subsuperficial: Ciclo da cana-planta. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.9, p.952–958, 2012.
- BARBOSA, G.V.; SOUSA, A.J.; ROCHA, A.M.; RIBEIRO, C.A.; FERREIRA, J.L.; SOARES, L.; CRUZ, M.M.; SILVA, W.C. **Novas Variedades RB de Cana-de-Açúcar para Alagoas**, v.1, 2000. p. 1-2. (Boletim técnico)
- BARBOSA, M.HP.; SILVEIRA, L.C.I. de; OLIVEIRA, M.W. de; SOUZA, V. de F.M. de S.; RIBEIRO, S.N.N. RB867515 Sugarcane cultivar. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v. 1, n. 4, p. 437-438, 2001.
- BARROS, A.C.; FOLEGATTI, M.V.; SOUZA, C.F.; SANTORO, B.L. Distribuição de água no solo aplicado por gotejamento enterrado e superficial: Manejo de solo água e planta. *Revista Brasileira de Engenharia agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 13, n. 6, nov./dez, 2009.
- BENVENUTI, F.A. **Relação de índices de Vegetação com a Produtividade da Cana-de-açúcar e Atributos Edáficos**. 2005. 98 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- BERDING, N.; HURNEY, A.P.; SALTER, B.; BONNETT, G.D. Agronomic impact of sucker development in sugarcane under different environmental conditions. *Field Crops Research*, Amsterdam, v. 92, n. 1, p. 203-217, 2005.
- BERTONCINI, E.I. Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola. *Revista Tecnologia e Inovação Agropecuária*. p.152-169, jun. 2008.
- BOUWER, H.; CHANEY, R.L. Land treatment of wastewater. *Advances in Agronomy*, New York. v.26, p.133-176, 1974.

- BRASIL. Resolução CONAMA nº 375, de 29 de ago. de 2006. Define critérios e procedimentos para o uso, em áreas agrícolas, de lodo de esgoto gerado em estação de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, p.141-146, 30 ago. 2006. Seção 1.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2009. Anuário Estatístico da Agroenergia. Brasília, 2009. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em 11 set. 2012.
- BRITO, A.; LIBARDI, P.L.; GHIBERTO, P.J. Componentes do balanço de água no solo com cana-de-açúcar, com e sem adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, n.2, p. 295-303, 2009.
- CALVACHE, A.M.; REICHARDT, K.; MALAVOLTA, E; BACCHI, O.O.S.. Efeito da deficiência hídrica e da adubação nitrogenada na produtividade e na eficiência do uso de água em uma cultura do feijão. *Scientia Agricola*. v.54, n.3, p. 232-240. 1997.
- CALBO, A.G. **Porômetro de fluxo viscoso e abertura estomática**. 2007. Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br>>. Acesso em 15 de jun. 2011.
- CÂMARA, G.M. Ecofisiologia da cultura da cana-de-açúcar. In: CÂMARA, G.M.; OLIVEIRA, E.A. **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ, 1993. p.31-64.
- CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M. **Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agrônomo de Campinas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2009. 77 p. (Boletim técnico, 106).
- CAMP, C. R. Subsurface drip irrigation: a review. USDA ARS *Transactions of the ASAE*, v. 41, n. 5, p. 1353-1367, Sept/Oct 1998.
- CAPRA, A.; SCICOLONE, B. Recycling of poor quality urban wastewater by drip irrigation systems. *Journal of Cleaner Production*, v. 15, n. 16, p. 1529-1534, 2007.
- CARLIN, S.D.; SILVA, M. de A.; ROSSETTO, R. Parâmetros biométricos e produtividade da cana-de-açúcar após tombamento dos colmos. *Bragantia*, v. 67, n.4, p. 845-853, 2008.
- CARMO, J.F.A do; MOURA, M.S.B de; SILVA, T.G.F.da; BRANDÃO, E.O.; LIMA-FILHO, J.M.; SOUZA, L.S.B. de.; SOAREZ, J.M. Relações hídricas na cultura da cana-de-açúcar irrigada sob as condições climáticas do Semi-Árido brasileiro. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, 3., 2008, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2008.

- CARVALHO, D.F. Aspectos práticos na utilização da técnica da TDR: Desafios e aprendizagem. **In:** SOUZA, C. F. III Workshop de aplicações de técnicas eletromagnéticas para o monitoramento ambiental. Araras – SP, 2011.
- CASAGRANDE, A.A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar.** Jaboticabal: Funep, 1991. 157p.
- CASTRO, P.R.C. Aplicações da fisiologia vegetal no sistema de produção da cana-de-açúcar. **In:** SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FISIOLOGIA DA CANA-DE-AÇÚCAR, 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: STAB, 2000. 9p.
- CHARLESWORTH, P.B.; MUIRHEAD, W.A. Crop establishment using subsurface drip irrigation: a comparison of point and area sources. *Irrigation Science*, v. 22, n. 3-4, p. 171-176, 2003.
- CICHOTA, R.; VAN LIER, Q.J. Avaliação no campo de um TDR segmentado para estimativa da umidade do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.8, n.1, p.72-78, 2004.
- COELHO, E.F.; ARRUDA, F.B. Aplicações da técnica de TDR: manejo da água no solo. **In:** MATSURA, E.E. et al. **Aplicações da técnica de TDR na agricultura.** Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola – Universidade Estadual de Campinas, 2001.
- COLETI, J.T.; STUPIELLO, J.J. Plantio da cana-de-açúcar. **In:** SEGATO, S.V.; PINTO, A. de S.; JENDIROBA, E.; MARTINS, J.C.. **Atualização em produção de cana-de-açúcar.** Piracicaba: CP 2, 2006. p.139-153.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira:** cana-de-açúcar, segundo levantamento, agosto/2012. Brasília, 2012. 18 p.
- CONSECANA - Conselho dos produtores de cana-de-açúcar, açúcar e álcool do Estado de São Paulo. **Manual de instruções.** 5ª Ed, Piracicaba-SP, 2006, 111p.
- CRUZ, A.C.; LIBARDI, P.L.; CARVALHO, L.A. e ROCHA, G.C. Balanço de água no volume de solo explorado pelo sistema radicular de uma planta de citros. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, p.1-10, 2005.
- CTC - Centro de Tecnologia Canavieira. Censo Varietal Copersucar 2003. Piracicaba, SP, 2004. 16 p.
- CTC - Centro de Tecnologia Copersucar. Censo Varietal e de produtividade em 2011. Piracicaba, SP, 2012. 24 p.



- DALRI, A.B.; CRUZ, R.L. Produtividade da cana-de-açúcar fertirrigada com N e K via gotejamento subsuperficial. *Revista Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 516-524, 2008.
- DANTAS-NETO, J.; FIGUEREDO, J.L.C.; FARIAS, C.H.A.; AZEVEDO, H.M.; AZEVEDO, C.A.V. Resposta da cana-de-açúcar, primeira soca, a níveis de irrigação e adubação de cobertura. *Revista Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.10, n. 2, p. 283 -288, 2006.
- DASBERG, S.; BRESLER, E. **Drip irrigation manual**. Israel: International Irrigation Information Center (IIIC), 1985. 95p. (IIIC Publicação n.9)
- DELGADO, A.A.; BOVI, R.; MIOQUE, J.Y.L. A vinhaça oriunda de melaço de açúcar branco e demerara. *Revista Usineiro*, v. 4, n. 20, p. 21-24, 1990.
- DEON, M.D.; GOMES, T.M.; MELFI, A.J.; MONTES, C.R.M.; Da SILVA, E. Produtividade e qualidade da cana-de-açúcar irrigada com efluente de estação de tratamento de esgoto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 45, n. 10, p.1149-1156, 2010.
- DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. (Org.). **Cana-de-açúcar**. 1 ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 2008. v.1, 882 p.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Yield response to water**. 2ed. Rome: FAO, 1994. 193 p. (Irrigation and Drainage Paper, 33).
- DOOREMBOS, J.; PRUITT, J. O. **Crop water requirement**. Rome: FAO, 1977, 179p. (Irrigation and Drainage Paper 24).
- DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D.R.; HOPMANS, J.W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S. Software to model soil water retention curves (SWRC, version 2.0). *Scientia Agrícola*, v. 57, n. 1, p. 191-192, 2000.
- ELAIUY, M.L.C.; SANTOS, L.N.S.; SOUSA, A.C.M.; MATSURA, E.E. Application of treated domestic sewage in the soil for design the subsurface drip irrigation. In: International Conference on Agricultural Engineering/CIGR-AgEng2012 Conference, 2012, Valencia. Proceedings...Valencia: CIGR-AgEng, 2012.
- ELINGS, A. Estimation of leaf area in tropical maize. *Agronomy Journal*, v. 92, n. 3 p. 436-444, 2000.

- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análise do Solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPQ, 1997. 212 p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- ENCISO, J.; JIFON, J.A.; WIEDENFELD, B. Subsurfacedrip irrigation of onions: Effects of drip tape emitter spacing on yield and quality. *Agricultural Water Management Journal*. v. 92, p. 126-130, 2007.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. AQUASTAT. 2010. Disponível em: <<http://www.fao.org/nr/aquastat>>. Acesso em: 5 mar. 2011.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Dirección de Estadística. 2011. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 07 abr. 2011.
- FARES, A.; ALVA, K.A. Soil water components based on capacitance probes in a sandy soil. *Soil Science Society of America Journal*, v. 64, p.311-318, 2000.
- FARIAS, C.H.; 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*, v. 12, n. 4, p. 356–362, 2008.
- FEIGIN, A.; RAVINA I.; SHALHEVET, J. **Irrigation with Treated Sewage Effluent: Management for Environmental Protection**. Berlin: Springer-Verlag, 1991. 224 p.
- FONSECA, A.F. **Viabilidade agrônomo-ambiental da disposição de efluente de esgoto tratado em um sistema solo-pastagem**. 2005. 174 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- FRANCIS, C.A.; RUTGER, J.N.; PALMER, A.F.E. A rapid method for plant leaf area estimation in maize (*Zea mays* L.). *Crop Science*, v.9, p.537-539, 1969.
- FREITAS, C.A.S. de; Da SILVA, A.R.A; BEZERRA, F.M.L, FERREIRA, C. da S. e ANDRADE, R.R. de. Crescimento vegetativo da cana-de-açúcar (*Saccharum Officinarum* L.) irrigada com água de esgoto doméstico tratado. *Conexões – Ciência e Tecnologia*, Fortaleza/CE, v. 6, n. 1, p. 27-43, 2012.
- FRIZZONE, J.A. Função de produção. In: FARIA, M.A. de (org.). **Manejo da irrigação**. 1.ed. Lavras: SBEA, 1998. v.1, p. 86-116.

- GASCHO, G.J.; SHIH, S.F. Sugarcane. In: TEARE, I.D.; PEET, M.M. **Crop-water relations**. New York: Wiley-Interscience, 1983. p. 445-479.
- GAVA, G.J.; SILVA, M.; DA SILVA, R.C.; JERONIMO, E.M.; CRUZ, J.C.S.; KÖLLN, O. T. Produtividade de três cultivares de cana-de-açúcar sob manejos de sequeiro e irrigado por gotejamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, n. 3, p. 250–255, 2011.
- GHOLZ, H.L.; EWEL, K.C.; TESKEY, R.O. Water and forest productivity. *Forest Ecological Management*, Amsterdam, v. 30, n. 1, p. 1-18, 1990.
- GLASZIOU, K.T.; BULL, T.A.; HATCH, M.D.; WHITEMAN, P.C. Physiology of Sugar-Cane: VII. Effects of temperature, photoperiod duration, and diurnal and seasonal temperature changes on growth and ripening. *Journal of Biological Sciences*, v. 18, p. 53 – 66, 1965.
- GLAZ, B.; MORRIS, D.R.; DAROUB, S.H. Sugarcane Photosynthesis, Transpiration, and Stomatal Conductance Due to Flooding and Water Table. *Crop Science*, Madison, v. 44, p. 1633-1641, 2004.
- GHOLZ, H.L.; EWEL, K.C.; TESKEY, R.O. Water and forest productivity. *Forest Ecological Management*, Amsterdam, v.30, n.1, p.1-18, 1990.
- GOMIDE, C.A.M.; GOMIDE, J.A. Análise de crescimento de cultivares de Panicum maximum Jacq. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 28, p. 675-680. 1999.
- GONÇALVES, F.M. **Evapotranspiração e coeficientes de cultivo da cana-de-açúcar irrigada por gotejamento subsuperficial**. 2010. 64 p. Dissertação (mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal do Ceará – Faculdade de Engenharia Agrícola. Fortaleza.
- HAAG, H.P.; DECHEN, A.R.; CARMELLO, Q.A.C. Nutrição mineral da cana-de-açúcar. In: Paranhos, S.B. **Cana-de-açúcar. Cultivo e utilização**. Campinas, Fundação Cargill. 1987. v.1, 431 p.
- HERMANN, E.R.; CÂMARA; G.M. Um método simples para estimar a área foliar da cana-de-açúcar. *Revista da STAB*, Piracicaba, v. 17, p. 32-34, 1999.
- HESPANHOL, I. **Esgotos como recurso hídrico – Parte I**: Dimensões políticas, institucionais, legais, econômico – financeiras e sócio-culturais. São Paulo: Instituto de Engenharia de São Paulo, 1997. n. 253, ano 55.

- HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 7, n.4. p. 75-95. Out/Dez, 2002.
- HOFFMANN, H.P.; SANTOS, E.G.; BASSINELLO, A.I.; VIEIRA, M.A. **Variedades RB de cana-de-açúcar**. Araras: Universidade Federal de São Carlos. Programa de Melhoramento Genético da cana-de-açúcar. 2008. 30 p.
- HOLANDA, L.A. **Produtividade, índices de crescimento e eficiência no uso da água de irrigação em cana-de-açúcar**. 2010. p. 46. Trabalho de conclusão do curso (graduação em Engenharia Agrônômica), Universidade Federal de Alagoas – Unidade Acadêmica Centro de Ciências Agrárias, Alagoas.
- INMAN-BAMBER, N.G. Sugarcane water stress criteria for irrigation and drying off. **Field Crops Research**, v.89, p.107-122, 2004.
- INMAN-BAMBER, N.G.; SMITH, D.M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. *Field Crops Research*, Amsterdam, v. 92, p. 185-202, 2005.
- JARVIS, P.G. e McNAUGHTON, K.G. Stomatal control of transpirations: scaling up from leaf to region. *Advances Ecological Research*, London, v.15, p.1-49, 1986.
- JUAN, J.A. **Riego por goteo: teoría y práctica**. 4ed. Madrid: Ed. Mundi-Prensa, 2000. 302 p.
- KEATING, B.A.; ROBERTSON, M.J.; MUCHOW, R.C.; HUTH, N.I. Modelling sugarcane production systems I: development and performance of the sugarcane module. *Field Crops Research*, Amsterdam, v. 48, p. 27-36, 1999.
- KELLER, J.; BLIESNER, I.D. **Sprinkler and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990. 652p.
- KIEHL, E.J. **Manual de Edafologia: Relações Solo-Planta**. São Paulo: Ceres, 1979. 262 p.
- LAMM, F.R.; BORDOVSKY, J.P.; SCHWANKL, L.J.; GRABOW, G.L.; ENCISO-MEDINA, J.; PETERS, R.T.; COLAIZZI, P.D.; TROOIJEN, T.P.; PORTER, D.O. Subsurface drip irrigation: status of the technology in 2010. *Transactions of the ASABE*, v. 55, n. 2, p. 483-491. 2012
- LEAL, R.M.P.; FIRME, L.P.; MONTES, C.R.; MELFI, A.J. e PIEDADE, S. M. de S. Soil exchangeable cations, sugarcane production and nutrient uptake after wastewater irrigation. *Scientia Agricola*, v. 66, n. 2, p. 242-249. 2009.

- LUCCHESI, A.A. Ecofisiologia de culturas extrativas: Cana-de-açúcar, Seringueira, Coqueiro, Dendezeiro e Oliveira. In: CASTRO, P.R.C.; KLUGE R.A. (Coord). **Cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. Cosmópolis: Stoller do Brasil, 2001. p. 13-45.
- MACHADO, E.C. Fisiologia de produção de cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S.B. (Coord.). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Fundação Cargill, Campinas. v.1. 1987. 432 p.
- MACHADO, R.S.; RIBEIRO, R.V.; MARCHIORI, P.E.R; MACHADO, D.F.S.P., MACHADO, E.C.; LANDELL, M.G. de A. Respostas biométricas e fisiológicas ao déficit hídrico em cana-de-açúcar em diferentes fases fenológicas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.44, n.12, p.1575-1582, dez. 2009.
- MAGALHÃES, V.R. **Influências de doses de vinhaça nas características agrônômicas de variedades de cana-de-açúcar, cana-planta e atributos químicos do solo**. 2010. 89 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido)-Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2010.
- MAGRO, C.R.; LACA-BUENDÍA, J.P. Efeito da profundidade de plantio no perfilhamento da cana-de-açúcar. *Fazu em Revista*, Uberaba, n.7, p.48- 54, 2010.
- MAGRO, F.J.; TAKAO, G.; CAMARGO, E.P. e TAKAMATSU, S.Y. **Biometria em cana-de-açúcar**. Escola Superior de Agricultura Luiz De Queiroz. Piracicaba-SP. 2011.
- MARQUES, M.O.; MARQUES, T.A.; TASSO JUNIOR, L.C. **Tecnologia do açúcar: produção e industrialização da cana-de-açúcar**. Jaboticabal-SP: Funep, 2001. 170 p.
- MASCHIO, R. **Produtividade de água em biomassa e energia para 24 variedades de cana-de-açúcar**. 2011. 88p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, SP.
- MATIOLI, C. S. **Irrigação suplementar de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) ciclo cana soca: um modelo de análise de decisão para o Estado de São Paulo**. 1998. 98p. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- McDERMIT, D.K. Sources of error in the estimation of stomatal conductance and transpiration from porometer data. *HortScience*, Alexandria, v.25, n.12, p.1538-48, 1990.
- MEDEIROS, S.S.; SOARES, A.A; FERREIRA, P.A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo do estado nutricional do cafeeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, v. 12, p. 1009-1156, 2008.

- MELO, M.A.N. **Determinação da necessidade térmica, adequação de coeficiente da cultura e efeito da irrigação e da adubação nitrogenada na produção do maracujazeiro amarelo.** 2001. 139 p. Dissertação (Mestrado Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- MERRIAM, J.L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management.** Logan: Utah State University, 1978. 271p.
- MIOCQUE, J. Avaliação de crescimento e de produtividade de matéria verde da cana-de-açúcar na região de Araraquara. *Revista da STAB*, Piracicaba, v. 17, n. 4, p. 45-7, 1999.
- MIRANDA, F.R.; BLEICHER E. **Evapotranspiração e coeficientes de cultivo e de irrigação para a cultura do melão (Cucumis melo L.) na Região Litorânea do Ceará.** Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Agroindústria Tropical, ISSN 1677-1907; n.2. 2001. 17p.
- MOZAMBANI, A.E.; PINTO, A.S.; SEGATO, S.V.; MATTIUZ, C.F.M. História e morfologia da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NOBREGA, J.C.M. **Atualização em produção de cana-de-açúcar.** Piracicaba: Alexandra de Sene Pinto, 2006. p. 11-18.
- MUNHOZ, R.O. **Disponibilidade de fósforo para o milho em solo que recebeu lodo de esgoto.** 2001. 74p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas - SP.
- NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D. A. Emitter clogging effects on trickle irrigation uniformity. *ASABE journals*, St. Joseph, v.24, n.1, p.77-78. 1981.
- NETAFIM. **Catálogo de produtos DripNet PC™ AS.** Disponível em: <<http://www.netafim.com.br>>. Acesso em: 5 mar. 2011.
- NOGUEIRA, F dos S., FERREIRA, K.S., CARNEIRO JUNIOR, J. de B., PASSONI, L.C. Minerais em melados e em caldos de cana. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 29, n. 4, p.727-731, out.-dez. 2009.
- OLIVEIRA, E.C.A. de. **Dinâmica de nutrientes na cana-de-açúcar em sistema irrigado de produção.** 2008. 73p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PB.
- OLIVEIRA, E.C.A. de; FREIRE, F.J.; OLIVEIRA, A.C. de; SIMÕES NETO, D.E.; ROCHA, A.T. da; CARVALHO, L.A. de. Produtividade, eficiência de uso da água e qualidade

- tecnológica de cana-de-açúcar submetida a diferentes regimes hídricos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 46, n. 6, p. 617-625, jun. 2011.
- OLIVEIRA, H.F. **Avaliação de modelos de estimativa de produtividade da Cana-de-açúcar irrigada em Jaíba-MG**. 2010. 112 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa MG.
- OLIVEIRA, R.A.; DAROS, E.; ZAMBON, J.L.C.; WEBER, H.; IDO, O.T.; BESPALHOKFILHO, J.C.; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C.; SILVA, D.K.T. Área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 37, n. 2, p. 71-76, 2007.
- OLIVEIRA, R.A.; DAROS, E.; ZAMBON, J.L.C.; WEBER, H.; IDO, O.T.; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C.; KOEHLER, H.. Crescimento e desenvolvimento de três cultivares de cana-de-açúcar, em cana planta, no estado do Paraná. *Scientia Agraria*, Curitiba, v. 5, n. 1-2, p. 87-94, 2004.
- PAIVA, A.; FERNANDES, E J.; RODRIGUES, T.J.; TURCO, J.EP. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. *Engenharia Agrícola* v.25, n.1, p.161-169. 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 12 jul. 2011.
- PESCOD, M.B. **Wasterwater treatmen and use in agriculture**. Rome: FAO, 1992. 125 p. (Irrigation and Drainager Paper, 47).
- PHENE, C.J.; HUTMACHER, R.B.; DAVIS, K.R; McCORMICK, R.L. Water-fertilizer management of processing tomatoes. *Acta Horticulture*, n. 277, p. 137-143, 1990.
- PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica: EDUR, 2004. 191p.
- PINCELLI, R.P.; SILVA, M. de A. Alterações morfológicas foliares em cultivares de cana-de-açúcar em resposta à deficiência hídrica. *Biosciencie Journal*, Uberlândia, v. 28, n. 4, p. 546-556. 2012.
- PIRES, R.C.M.; SAKAI, E.; SILVA, T.J.A.; ARRUDA, F.B. Aspectos práticos na utilização da técnica de capacitância. **In:** SOUZA, C.F. III Workshop de aplicações de técnicas eletromagnéticas para o monitoramento ambiental. Araras – SP, 2011.
- POSSE R.P.; SALASSIER, B.; SOUSA, E.F. de; GOTTARDO, R.D. Evapotranspiração e coeficiente da cultura do mamoeiro. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 681-690, 2008.

- RAMESH, P. Effect of different levels of drought during the formative phase on growth parameters and its relationships with dry matter accumulation in sugarcane. *Journal of agronomy and crop science*. v. 185, n. 2. P. 83-89. 2000.
- RAMESH, P.; KAILASAM, C.; SRINIVASAN, T.R. Performance of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) under surface drip, sub surface drip (biwall) and furrow methods of irrigation. *Journal of Agronomy and Crop Science*. v. 172, n. 4, p. 234-241, 1994.
- RAMME, F.L.P.; LAMPARELLI, R.A.C.; ROCHA, J.V. Perfis Temporais NDVI MODIS, na cana-soca, de maturação tardia. *Revista Engenharia Agrícola*. v. 30, p. 480-494, 2010.
- REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. Ed. Monole Ltda. São Paulo, 188p, 1990.
- RESENDE, R.S.; CASARINI, E.; FOLEGATTI, M.V.; COELHO, R.D. Ocorrência de entupimento de origem biológica em sistema de irrigação por gotejamento, no município de Atibaia, SP. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, v.5 n.1 Jan./Apr. 2001
- RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C. **Biomassa de cana-de-açúcar**: colheita, energia e ambiente. Piracicaba: Barros e Marques Ed. Eletrônica, 2004. 302 p.
- ROBERTS, J., NAYAMUTH, R.A., BATCHELOR, C.H., SOOPRAMANIEN, G.C. Plant-water relations of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) under a range of irrigated treatments. *Agricultural Water Management*, Amsterdam, v.17, p.95-115, 1990.
- ROBERTSON, M.J., INMAM-BAMBER, N.G., MUCHOW, R.C.; WOOD, A.W. Physiology and productivity of sugar cane with early and mid-season water deficit. *Field Crop Research*, v. 64, p. 211-227, 1999,
- RODRIGUES, J.D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: Univ. Estadual Paulista, 1995.
- ROQUE, M.W. **Variabilidade espacial de atributos físico-hídricos do solo cultivado com feijão irrigado submetido a diferentes sistemas de preparo**. 2007. 198p. Tese (Doutorado em Engenharia de Água e Solo) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2007.
- ROSA, L.M.; DILLENBURG, L.R.; FORSETH, I.N. Responses of soybean leaf angle, photosynthesis and stomatal conductance to leaf and soil water potential. *Annals of Botany*, London, v. 67, n. 1, p. 51-8, 1991.



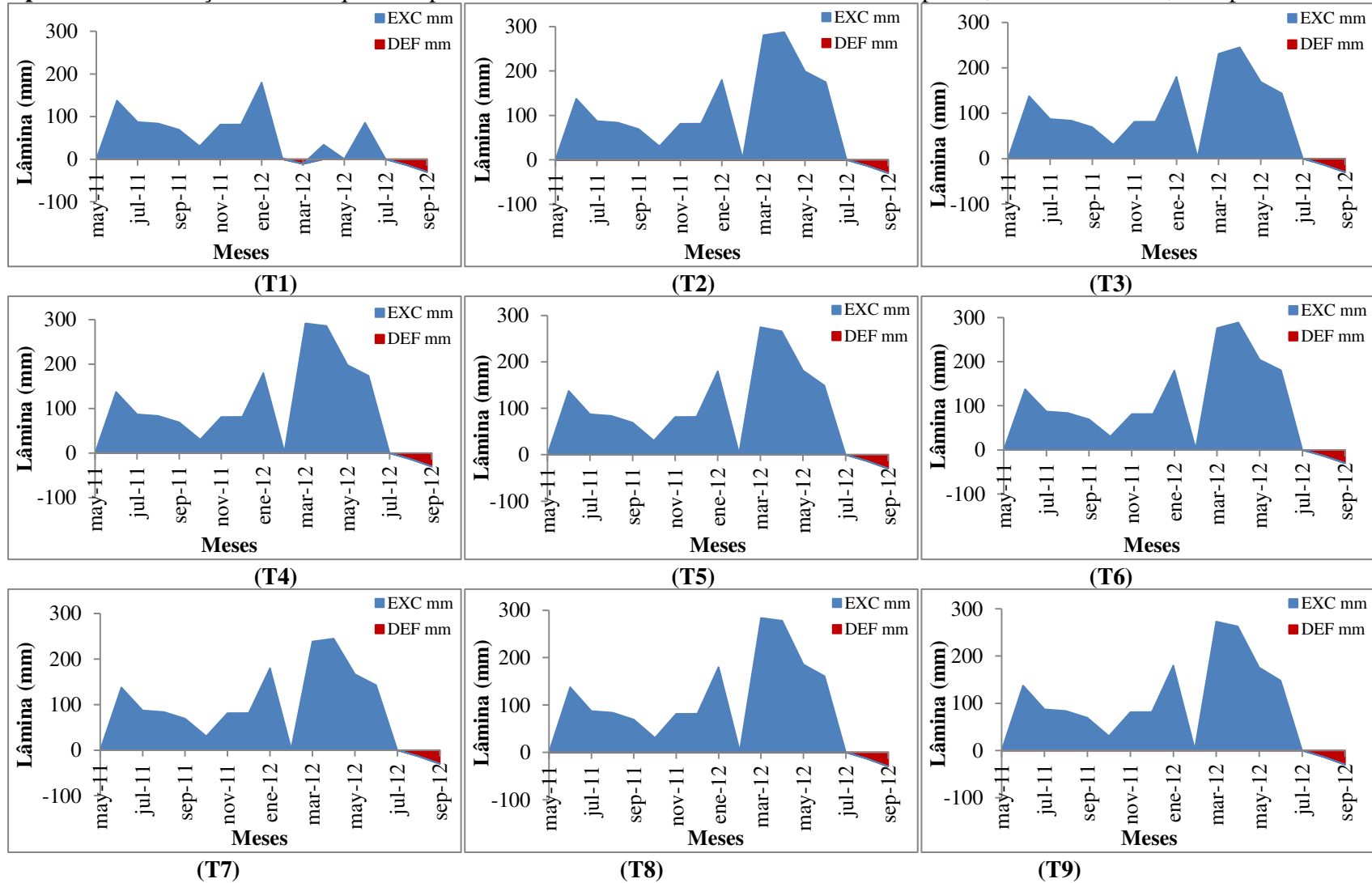
- ROSSETTO, R.; DIAS, F.L.F.; VITTI, A.C. Fertilidade do solo, nutrição e adubação. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. (Ed.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agronômico, 2008, 882 p.
- SABEY, B.R. The use of sewage as a fertilizer. In: BEWICK, M.W. *Handbook of organic waste conversion*, van Nostrand Reinhold, 1980. p. 72-107.
- SANDRI, D. **Irrigação da cultura da alface com água residuária tratada com leitos cultivados com macrófita**. 2003. 186 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. Campinas – SP.
- SILVA, F.; BOARETTO, A.; ABREU Jr. H.; BERTON, R.; BASSO, L.C.; BARBIERI, V. Impactos da aplicação de lodo de esgoto na cultura da cana-de-açúcar e no ambiente. *HOLOS Environment*, v. 10, n. 1, p. 62. 2010.
- SILVA, A.H.A.; DUARTE, W. de G.; BARBOSA, T.P.; FILHO, H.C.L.W.; TIBOLA, T., GONÇALVES, E.R.; VERISSIMO, V.; SILVA, J.V.; ENDRES, L. Índice de área foliar e produtividade de variedades de cana-de-açúcar na condição de sequeiro. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 12. 2009. **Anais...**, Fortaleza-CE: CBFV. 2009
- SILVA, E.T. **Análise do crescimento e produtividade de duas variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) influenciadas por doses de fósforo**. 2007a. 56 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção vegetal) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Ciências agrárias. Rio Largo - AL.
- SILVA, L.C. **Análise de crescimento e acúmulo nutrientes de sete cultivares de cana-de-açúcar na Região de coruripe**. 2007b. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção vegetal) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Ciências agrárias. Rio Largo - AL.
- SINCLAIR, T.R.; GILBERT, R.A.; PERDOMO, R.E.; SHINE Jr., J.M.; POWELL, G.; MONTES, G. Sugarcane leaf area development under field conditions in Florida, USA. *Field Crops Research*, v. 88, n. 2-3, p. 171-178. 2004.
- SMIT, M.A.; SINGELS, A. The response of sugarcane canopy development to water stress. *Field Crops Research*, v. 98, p. 91-97, 2006.
- SNIS. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos 2010**. Brasília: MCIDADES, SNSA, 2012.
- SOARES, R.A.B.; OLIVEIRA, P.F.M.; CARDOSO, H.R.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A.; ROSENFELD, U. Efeito da irrigação sobre o desenvolvimento e a

- produtividade de duas variedades de cana-de-açúcar colhidas em início de safra. *Revista STAB*, v. 22, n. 4, p. 38-41. 2004.
- SOUZA, C.F.; MATSURA, E.E.; FOLEGATTI, M.V.; COELHO, E.F.; OR, D. Sondas de TDR para a estimativa da umidade e da condutividade elétrica do solo. *Irriga*, Botucatu, v.11, p.12-25, 2006.
- SPIRONELLO, A.; RAIJ, B. van; PENATTI, C.P.; CANTARELLA, H.; MORELLI, J. L.; ORLANDO FILHO, J.; LANDELL, M.G.A; ROSSETTO, R. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2<sup>a</sup> ed. Campinas: IAC. Fundação IAC, 1996. p. 237-239 (Boletim Técnico, 100).
- STUPIELLO, J.P. A cana-de-açúcar como matéria prima. In: Paranhos, S. B. **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. São Paulo: Fundação Cargill, 1987. cap.7 v.2, p. 761-804.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.
- TASSO JÚNIOR, L.C., MARQUES, M.O., FRANCO, A., NOGUEIRA G. de A., NOBILE F.O. de., CAMILOTTI, F. SILVA, A.R. da. Produtividade e qualidade de cana-de-açúcar cultivada em solo tratado com lodo de esgoto, vinhaça e adubos minerais. *Revista Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.27, n.1, p.276-283, jan./abr. 2007
- TERUEL, D.A.; BARBIERI, V.; FERRARO Jr. L.A. Sugarcane leaf area index modeling under different soil water conditions. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, n.54 (Número Especial), p. 39-44, jun. 1997.
- THIAGO, L.R.L.S.; VIEIRA, J.M. Cana-de-açúcar: uma alternativa de alimento para a seca. EMBRAPA Gado de Corte - Comunicado Técnico n. 073, 2002.
- THORBURN, P.J.; DART, I.K.; BIGGS, I.M.; BAILLIE, C.P.; SMITH, M.A.; KEATING, B.A. The fate of nitrogen applied to sugarcane by trickle irrigation. *Irrigation Science*, v.22, p.201-209, 2003.
- TIMM, L.C.; OLIVEIRA, J.C.; TOMINAGA, T.T.; CÁSSARO, F.A.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. Water balance of a sugarcane crop: Quantitative and qualitative aspects of its measurement. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, p.57-62, 2002.
- TOPP, G.C.; DAVIS, J.L.; ANNAN, A.P. Electromagnetic determination of soil water content: measurements in coaxial transmission lines. *Water Resource Research*, v.16, n.3, p.574-582, 1980.

- TOPPA, E.V.B.; JADOSKI, C.J.; JULIANETTI, A.; HULSHOF, T.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D. Aspectos da fisiologia de produção da cana-de-açúcar (*Saccharum Officinarum L.*). *Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia*, v. 3, n. 3, p. 217-232. Set.- Dez. 2010.
- ÚNICA - União da Agroindústria Canavieira de São Paulo. **A alta competitividade canavieira do Estado de São Paulo**. 2002. Disponível em: [http://www.unica.com.br/pages/agroindustria\\_alta.asp](http://www.unica.com.br/pages/agroindustria_alta.asp). Acesso em out/2012.
- VAN DILLEWIJN, C. **Botanys of sugarcane**. Waltham: Ckonica Botanica Co., 1952.
- VAN GENUCHTEN, M.T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, v. 44, p. 892-898, 1980.
- VAN WIJK, W.R.; VRIES, D.A. Evapotranspiration. *Netherlands Journal of Agriculture Science*, v.2, p.105-119. 1954.
- VARELA, A.C.G. **Análise do comportamento morfofisiológico da cana-de-açúcar irrigada (variedades SP 791011 e SP 716949), nos Tabuleiros Costeiros Paraibanos**. 2002. 89p. Dissertação (Mestrado). Campina Grande: UFCG.
- VASCONCELOS, A.C.; GARCIA, J.C. Desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar. In: **Cana-de-açúcar: Ambientes de produção**. Informações Agronômicas. 2005. n.110, p.1-5.
- VITTI, G.C.; MAZZA, J.A. 2002. Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cana-de-açúcar. Informações Agronômicas (97): 16 (Encarte Técnico).
- WHO - World Health Organization. Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture. *Technical Report Series*. Geneva, n. 778, 1989.
- WIEDENFELD, R.P. Water stress during different sugarcane growth periods on yield and response to N fertilizer. *Agricultural Water Management*, v. 43 p. 173–182, 2000.
- ZANELLA, L. **Plantas Ornamentais no pós-tratamento de efluentes sanitários: Wetlands construídos utilizando brita e bambu como suporte**. 2008. 181p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP.

## APÊNDICE

**Apêndice 1.** Balanço hídrico sequencial para os diferentes tratamentos no ciclo de cana-planta, safra 2011-2012, Campinas/SP



Exc – excesso; Def - déficit

- **Parâmetros agrônômicos**

**Apêndice 2.** Análise de variância para os parâmetros agrônômicos da cana-de-açúcar irrigada com diferentes qualidades de água, aplicação de fertirrigação e profundidades de instalação da fita gotejadora, aos 303, 333, 358, 408 e 482 DAP no ciclo da cana-planta.

Fator	Nível	DAP									
		303									
		Npml	AP (m)	NEC	AC (m)	DC (cm)	NFV	NFS	NFE	AF (m <sup>2</sup> )	IAF (m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> )
Qualidade (Q)	EET	8,83	3,80	9,17	1,81 a	3,35	6,62	8,50	3,60	0,65	6,41
	ARS	9,17	3,80	8,67	1,69 b	3,49	6,73	7,92	3,60	0,65	6,12
Teste F para Q		0,43 <sup>NS</sup>	0,53 <sup>NS</sup>	0,07 <sup>NS</sup>	0,01*	0,13 <sup>NS</sup>	0,56 <sup>NS</sup>	0,06 <sup>NS</sup>	1,00 <sup>NS</sup>	0,98 <sup>NS</sup>	0,27 <sup>NS</sup>
Profundidade (P)	0,20 m	8,75	3,70	8,67	1,72	3,42	6,62	7,92	3,62	0,65	6,16
	0,40 m	9,25	3,90	9,17	1,78	3,42	6,73	8,50	3,58	0,65	6,38
Teste F para P		0,34 <sup>NS</sup>	0,24 <sup>NS</sup>	0,07 <sup>NS</sup>	0,24 <sup>NS</sup>	0,95 <sup>NS</sup>	0,56 <sup>NS</sup>	0,06 <sup>NS</sup>	0,78 <sup>NS</sup>	0,88 <sup>NS</sup>	0,40 <sup>NS</sup>
Fertirrigação (F)	S	9,00	3,80	8,83	1,77	3,39	6,65	8,33	3,67	0,64	6,14
	C	9,00	3,80	9,00	1,74	3,45	6,70	8,08	3,53	0,65	6,39
Teste F para F		1,00 <sup>NS</sup>	0,56 <sup>NS</sup>	0,52 <sup>NS</sup>	0,51 <sup>NS</sup>	0,4 <sup>NS</sup>	0,80 <sup>NS</sup>	0,39 <sup>NS</sup>	0,28 <sup>NS</sup>	0,53 <sup>NS</sup>	0,34 <sup>NS</sup>
Teste F para QxP		0,10 <sup>NS</sup>	0,46 <sup>NS</sup>	0,52 <sup>NS</sup>	1,00 <sup>NS</sup>	0,57 <sup>NS</sup>	0,17 <sup>NS</sup>	0,39 <sup>NS</sup>	0,42 <sup>NS</sup>	0,46 <sup>NS</sup>	0,20 <sup>NS</sup>
Teste F para QxF		1,00 <sup>NS</sup>	0,91 <sup>NS</sup>	0,52 <sup>NS</sup>	0,30 <sup>NS</sup>	0,49 <sup>NS</sup>	0,07 <sup>NS</sup>	0,39 <sup>NS</sup>	0,59 <sup>NS</sup>	0,79 <sup>NS</sup>	0,82 <sup>NS</sup>
Teste F para PxF		0,34 <sup>NS</sup>	0,78 <sup>NS</sup>	0,07 <sup>NS</sup>	0,69 <sup>NS</sup>	0,87 <sup>NS</sup>	0,45 <sup>NS</sup>	0,77 <sup>NS</sup>	0,42 <sup>NS</sup>	0,83 <sup>NS</sup>	0,61 <sup>NS</sup>
Teste F para QxPxF		0,34 <sup>NS</sup>	0,3 <sup>NS</sup>	0,52 <sup>NS</sup>	0,22 <sup>NS</sup>	0,43 <sup>NS</sup>	0,68 <sup>NS</sup>	0,77 <sup>NS</sup>	0,78 <sup>NS</sup>	0,66 <sup>NS</sup>	0,15 <sup>NS</sup>
CV %		13,80	6,51	6,92	6,23	5,78	7,16	8,35	8,14	10,35	9,95
Média Geral		9,00	3,80	8,92	1,75	3,42	6,68	8,21	3,60	0,65	6,27

Fator	Nível	DAP									
		333									
		Npml	AP (m)	NEC	AC (m)	DC (cm)	NFV	NFS	NFE	AF (m <sup>2</sup> )	IAF (m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> )
Qualidade (Q)	EET	8,42	4,40	11,30	2,22	3,49	7,07	9,30	3,32	0,68	6,28
	ARS	8,58	4,40	11,30	2,12	3,55	7,05	3,17	3,32	0,69	5,91
Teste F para Q		0,73 <sup>NS</sup>	0,61 <sup>NS</sup>	0,77 <sup>NS</sup>	0,14 <sup>NS</sup>	0,38 <sup>NS</sup>	0,94 <sup>NS</sup>	0,68 <sup>NS</sup>	1,00 <sup>NS</sup>	0,88 <sup>NS</sup>	0,23 <sup>NS</sup>
Profundidade (P)	0,20 m	8,25	4,30	11,00	2,12	3,51	6,98	8,92	3,33	0,65	5,65 b
	0,40 m	8,75	4,50	11,60	2,22	3,53	7,13	9,55	3,30	0,71	6,54 a
Teste F para P		0,30 <sup>NS</sup>	0,06 <sup>NS</sup>	0,06 <sup>NS</sup>	0,11 <sup>NS</sup>	0,86 <sup>NS</sup>	0,53 <sup>NS</sup>	0,07 <sup>NS</sup>	0,69 <sup>NS</sup>	0,09 <sup>NS</sup>	0,01*
Fertirrigação (F)	S	8,58	4,40	11,30	2,18	3,56	7,00	9,17	3,35	0,68	6,00
	C	8,42	4,40	11,30	2,16	3,48	7,15	9,30	3,28	0,69	6,19
Teste F para F		0,73 <sup>NS</sup>	0,64 <sup>NS</sup>	0,77 <sup>NS</sup>	0,68 <sup>NS</sup>	0,31 <sup>NS</sup>	0,44 <sup>NS</sup>	0,68 <sup>NS</sup>	0,43 <sup>NS</sup>	0,65 <sup>NS</sup>	0,52 <sup>NS</sup>
Teste F para QxP		0,05*	0,17 <sup>NS</sup>	0,39 <sup>NS</sup>	0,85 <sup>NS</sup>	0,11 <sup>NS</sup>	0,24 <sup>NS</sup>	0,92 <sup>NS</sup>	0,53 <sup>NS</sup>	0,17 <sup>NS</sup>	0,09 <sup>NS</sup>
Teste F para QxF		0,18	0,81 <sup>NS</sup>	0,77 <sup>NS</sup>	0,51 <sup>NS</sup>	0,35 <sup>NS</sup>	0,53 <sup>NS</sup>	0,54 <sup>NS</sup>	0,24 <sup>NS</sup>	0,61 <sup>NS</sup>	0,76 <sup>NS</sup>
Teste F para PxF		0,18 <sup>NS</sup>	1,00 <sup>NS</sup>	0,77 <sup>NS</sup>	0,66 <sup>NS</sup>	0,38 <sup>NS</sup>	0,72 <sup>NS</sup>	0,05 <sup>NS</sup>	0,43 <sup>NS</sup>	0,61 <sup>NS</sup>	0,23 <sup>NS</sup>
Teste F para QxPxF		0,30 <sup>NS</sup>	0,38 <sup>NS</sup>	0,16 <sup>NS</sup>	0,17 <sup>NS</sup>	0,79 <sup>NS</sup>	0,03 <sup>NS</sup>	0,07 <sup>NS</sup>	0,24 <sup>NS</sup>	0,08 <sup>NS</sup>	0,78 <sup>NS</sup>
CV %		13,46	3,87	6,15	6,52	5,09	8,02	8,50	6,08	11,50	11,98
Média Geral		8,50	4,42	11,29	2,17	3,52	7,06	9,23	3,32	0,68	6,09

**Continuação Apêndice 2.** Análise de variância para os parâmetros agrônômicos da cana-de-açúcar irrigada com diferentes qualidades de água, aplicação de fertirrigação e profundidades de instalação da fita gotejadora, aos 303, 333, 358, 408 e 482 DAP no ciclo da cana-planta.

Fator	Nível	DAP									
		358									
		Npml	AP (m)	NEC	AC (m)	DC (cm)	NFV	NFS	NFE	AF (m <sup>2</sup> )	IAF (m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> )
Qualidade (Q)	EET	8,25	4,90	13,80	2,50	3,38	6,57	9,00	3,80	0,65	5,81
	ARS	8,42	4,90	13,80	2,50	3,42	6,25	8,83	3,82	0,62	5,38
Teste F para Q		0,59 <sup>NS</sup>	0,92 <sup>NS</sup>	0,83 <sup>NS</sup>	0,78 <sup>NS</sup>	0,45 <sup>NS</sup>	0,25 <sup>NS</sup>	0,56 <sup>NS</sup>	0,85 <sup>NS</sup>	0,22 <sup>NS</sup>	0,10 <sup>NS</sup>
Profundidade (P)	0,20 m	7,92b	4,90	13,70	2,50	3,41	6,47	8,58b	3,80	0,64	5,47
	0,40 m	8,75a	5,00	13,90	2,50	3,39	6,35	9,25a	3,82	0,63	5,71
Teste F para P		0,01 <sup>*</sup>	0,63 <sup>NS</sup>	0,53 <sup>NS</sup>	0,27 <sup>NS</sup>	0,73 <sup>NS</sup>	0,67 <sup>NS</sup>	0,03 <sup>*</sup>	0,85 <sup>NS</sup>	0,61 <sup>NS</sup>	0,35 <sup>NS</sup>
Fertirrigação (F)	S	8,42	4,90	13,60	2,50	3,40	6,72a	8,75	3,77	0,67	5,84
	C	8,25	4,90	14,00	2,50	3,40	6,10b	9,08	3,85	0,61	5,34
Teste F para F		0,59 <sup>NS</sup>	0,96 <sup>NS</sup>	0,30 <sup>NS</sup>	0,69 <sup>NS</sup>	0,91 <sup>NS</sup>	0,04 <sup>*</sup>	0,25 <sup>NS</sup>	0,35 <sup>NS</sup>	0,05 <sup>NS</sup>	0,06 <sup>NS</sup>
Teste F para QxP		0,05 <sup>*</sup>	0,64 <sup>NS</sup>	0,15 <sup>NS</sup>	0,06 <sup>NS</sup>	0,44 <sup>NS</sup>	0,76 <sup>NS</sup>	0,25 <sup>NS</sup>	0,01 <sup>*</sup>	0,74 <sup>NS</sup>	0,04 <sup>*</sup>
Teste F para QxF		0,29 <sup>NS</sup>	0,55 <sup>NS</sup>	0,15 <sup>NS</sup>	0,34 <sup>NS</sup>	0,75 <sup>NS</sup>	0,43 <sup>NS</sup>	1,00 <sup>NS</sup>	0,05 <sup>*</sup>	0,22 <sup>NS</sup>	0,05 <sup>*</sup>
Teste F para PxF		0,29 <sup>NS</sup>	0,52 <sup>NS</sup>	0,53 <sup>NS</sup>	0,56 <sup>NS</sup>	0,28 <sup>NS</sup>	0,58 <sup>NS</sup>	0,10 <sup>NS</sup>	0,20 <sup>NS</sup>	0,98 <sup>NS</sup>	1,00 <sup>NS</sup>
Teste F para QxPxF		0,59 <sup>NS</sup>	0,77 <sup>NS</sup>	0,83 <sup>NS</sup>	0,97 <sup>NS</sup>	0,77 <sup>NS</sup>	0,67 <sup>NS</sup>	0,10 <sup>NS</sup>	0,01 <sup>NS</sup>	0,83 <sup>NS</sup>	0,56 <sup>NS</sup>
CV %		8,83	5,10	6,83	5,88	4,37	10,11	7,69	5,57	10,30	19,76
Média Geral		8,33	4,93	13,79	2,51	3,40	6,41	8,92	3,81	0,64	5,59

Fator	Nível	DAP									
		408									
		Npml	AP (m)	NEC	AC (m)	DC (cm)	NFV	NFS	NFE	AF (m <sup>2</sup> )	IAF (m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> )
Qualidade (Q)	EET	8,83	5,03	17,08	2,76	3,57	6,48	11,5 b	3,67	0,63	5,60 b
	ARS	9,17	5,09	17,58	2,77	3,62	6,55	12,58	3,57	0,66	6,49 a
Teste F para Q		0,43 <sup>NS</sup>	0,49 <sup>NS</sup>	0,26 <sup>NS</sup>	0,98 <sup>NS</sup>	0,41 <sup>NS</sup>	0,61 <sup>NS</sup>	0,002 <sup>*</sup>	0,33 <sup>NS</sup>	0,35 <sup>NS</sup>	0,004 <sup>*</sup>
Profundidade (P)	0,20 m	8,75	5,02	17,42	2,75	3,54	6,52	11,92	3,55	0,66	5,95
	0,40 m	9,25	5,09	17,25	2,80	3,66	6,52	12,17	3,68	0,63	6,14
Teste F para P		0,34 <sup>NS</sup>	0,41 <sup>NS</sup>	0,70 <sup>NS</sup>	0,45 <sup>NS</sup>	0,05 <sup>NS</sup>	1,00 <sup>NS</sup>	0,40 <sup>NS</sup>	0,20 <sup>NS</sup>	0,38 <sup>NS</sup>	0,47 <sup>NS</sup>
Fertirrigação (F)	S	9,00	5,05	17,25	2,82	3,54	6,87a	12,17	3,38b	0,66	6,22
	C	9,00	5,07	17,42	2,74	3,65	6,17b	11,92	3,85a	0,63	5,86
Teste F para F		1,00 <sup>NS</sup>	0,83 <sup>NS</sup>	0,70 <sup>NS</sup>	0,20 <sup>NS</sup>	0,07 <sup>NS</sup>	0,0001 <sup>*</sup>	0,40 <sup>NS</sup>	0,0004 <sup>*</sup>	0,14 <sup>NS</sup>	0,19 <sup>NS</sup>
Teste F para QxP		0,10 <sup>NS</sup>	0,75 <sup>NS</sup>	0,44 <sup>NS</sup>	0,18 <sup>NS</sup>	0,41 <sup>NS</sup>	0,21 <sup>NS</sup>	0,78 <sup>NS</sup>	0,52 <sup>NS</sup>	0,32 <sup>NS</sup>	0,28 <sup>NS</sup>
Teste F para QxF		1,00 <sup>NS</sup>	0,35 <sup>NS</sup>	0,03 <sup>*</sup>	0,81 <sup>NS</sup>	0,03 <sup>*</sup>	0,61 <sup>NS</sup>	0,002 <sup>*</sup>	0,06 <sup>NS</sup>	0,62 <sup>NS</sup>	0,85 <sup>NS</sup>
Teste F para PxF		0,34 <sup>NS</sup>	0,74 <sup>NS</sup>	1,00 <sup>NS</sup>	0,33 <sup>NS</sup>	0,97 <sup>NS</sup>	0,31 <sup>NS</sup>	0,78 <sup>NS</sup>	0,003 <sup>*</sup>	0,19 <sup>NS</sup>	0,26 <sup>NS</sup>
Teste F para QxPxF		0,34 <sup>NS</sup>	0,54 <sup>NS</sup>	0,70 <sup>NS</sup>	0,53 <sup>NS</sup>	0,18 <sup>NS</sup>	0,80 <sup>NS</sup>	0,06 <sup>NS</sup>	0,03 <sup>NS</sup>	0,35 <sup>NS</sup>	0,87 <sup>NS</sup>
CV %		13,80	3,88	5,99	5,28	3,95	7,74	5,84	6,76	9,47	10,48
Média Geral		9,00	5,06	17,33	2,78	3,60	6,52	12,04	3,62	0,64	6,04

**Continuação Apêndice 2.** Análise de variância para os parâmetros agrônômicos da cana-de-açúcar irrigada com diferentes qualidades de água, aplicação de fertirrigação e profundidades de instalação da fita gotejadora, aos 303, 333, 358, 408 e 482 DAP no ciclo da cana-planta.

Fator	Nível	DAP									
		482									
		Npml	AP (m)	NEC	AC (m)	DC (cm)	NFV	NFS	NFE	AF (m <sup>2</sup> )	IAF (m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> )
Qualidade (Q)	EET	8,25	5,03	21,42	3,11	3,47	7,08	14,83	3,83	0,68	5,98
	ARS	8,42	5,09	21,75	3,29	3,47	7,13	14,17	3,92	0,70	6,07
Teste F para Q		0,59 <sup>NS</sup>	0,49 <sup>NS</sup>	0,37 <sup>NS</sup>	0,09 <sup>NS</sup>	0,98 <sup>NS</sup>	0,82 <sup>NS</sup>	0,47 <sup>NS</sup>	0,68 <sup>NS</sup>	0,16 <sup>NS</sup>	0,52 <sup>NS</sup>
Profundidade (P)	0,20 m	7,92b	5,02	21,25	3,10	3,44	7,35 a	14,17	3,92	0,71 a	6,08
	0,40 m	8,75a	5,09	21,92	3,30	3,51	6,87 b	14,83	3,83	0,66 b	5,96
Teste F para P		0,01*	0,41 <sup>NS</sup>	0,09 <sup>NS</sup>	0,06 <sup>NS</sup>	0,07 <sup>NS</sup>	0,04*	0,47 <sup>NS</sup>	0,68 <sup>NS</sup>	0,01*	0,41 <sup>NS</sup>
Fertirrigação (F)	S	8,42	5,05	21,58	3,23	3,51	7,48 a	15,5 a	4,00	0,72 a	6,33 a
	C	8,25	5,07	21,58	3,18	3,43	6,73 b	13,5 b	3,75	0,65 b	5,72 b
Teste F para F		0,59 <sup>NS</sup>	0,83 <sup>NS</sup>	1,00 <sup>NS</sup>	0,63 <sup>NS</sup>	0,05 <sup>NS</sup>	0,003*	0,04*	0,22 <sup>NS</sup>	0,001*	0,0006*
Teste F para QxP		0,05*	0,75 <sup>NS</sup>	0,19 <sup>NS</sup>	0,66 <sup>NS</sup>	0,75 <sup>NS</sup>	0,01*	0,47 <sup>NS</sup>	0,80 <sup>NS</sup>	0,30 <sup>NS</sup>	0,002*
Teste F para QxF		0,29 <sup>NS</sup>	0,35 <sup>NS</sup>	0,19 <sup>NS</sup>	0,21 <sup>NS</sup>	0,56 <sup>NS</sup>	0,12 <sup>NS</sup>	1,00 <sup>NS</sup>	0,56 <sup>NS</sup>	0,16 <sup>NS</sup>	0,85 <sup>NS</sup>
Teste F para PxF		0,29 <sup>NS</sup>	0,74 <sup>NS</sup>	0,65 <sup>NS</sup>	0,25 <sup>NS</sup>	0,95 <sup>NS</sup>	0,82 <sup>NS</sup>	0,29 <sup>NS</sup>	0,37 <sup>NS</sup>	0,88 <sup>NS</sup>	0,64 <sup>NS</sup>
Teste F para QxPxF		0,59 <sup>NS</sup>	0,54 <sup>NS</sup>	0,37 <sup>NS</sup>	0,59 <sup>NS</sup>	0,08 <sup>NS</sup>	0,20 <sup>NS</sup>	0,47 <sup>NS</sup>	0,93 <sup>NS</sup>	0,18 <sup>NS</sup>	0,01 <sup>NS</sup>
CV %		8,83	3,88	4,12	7,73	2,67	7,32	15,21	12,45	5,75	5,57
Média Geral		8,33	5,06	21,58	3,20	3,47	7,11	14,50	3,88	0,69	6,02

DAP – dias após do plantio, EET – efluente de esgoto tratado, ARS – água de reservatório superficial, C – com fertirrigação, S - sem fertirrigação, NPml – número de perfilhos por metro linear, AP – altura da planta, NEC – número de entrenós por colmo, AC – altura do colmo, DC – diâmetro do colmo, NFV – número de folhas verdes, NFS – número de folhas senescentes, NFE – número de folhas emergentes, AF – área foliar, IAF – índice de área foliar, NS – não significativo em 5% de probabilidade; \*significativo em 5% de probabilidade

**Apêndice 3.** Análise de variância para os parâmetros agrônômicos de cana-de-açúcar para os tratamentos irrigados em comparação ao tratamento não irrigado, aos 303, 333, 358, 408 e 482 DAP no ciclo da cana-planta.

Tratamento (T)	DAP									
	303									
	Npml	AP (m)	NEC	AC (m)	DC (cm)	NFV	NFS	NFE	AF (m <sup>2</sup> )	IAF (m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> )
T1 (SI)	10,08	3,82	9,00	1,71	3,44	6,60	7,67	4,00	0,59	6,59
T2 (EET-0,20-C)	7,33	3,67	8,67	1,70	3,42	6,80	7,67	3,53	0,68	5,70
T3 (EET-0,20-S)	8,33	3,79	9,33	1,87	3,34	6,60	8,33	3,60	0,64	5,91
T4 (EET-0,40-C)	10,33	3,94	9,67	1,79	3,42	6,87	8,33	3,47	0,64	7,44
T5 (EET-0,40-S)	9,33	3,92	9,00	1,89	3,24	6,20	8,67	3,80	0,63	6,61
T6 (ARS-0,20-C)	9,67	3,77	8,33	1,71	3,51	6,33	7,33	3,67	0,64	6,73
T7 (ARS-0,20-S)	9,67	3,71	8,33	1,58	3,44	6,73	7,67	3,67	0,64	6,29
T8 (ARS-0,40-C)	8,67	3,69	9,33	1,71	3,47	6,80	8,00	3,47	0,67	5,70
T9 (ARS-0,40-S)	8,67	3,89	8,67	1,71	3,54	7,07	8,67	3,60	0,65	5,76
Teste F para T	0,17 <sup>NS</sup>	0,84 <sup>NS</sup>	0,19 <sup>NS</sup>	0,12 <sup>NS</sup>	0,74 <sup>NS</sup>	0,43 <sup>NS</sup>	0,18 <sup>NS</sup>	0,42 <sup>NS</sup>	0,88 <sup>NS</sup>	0,06 <sup>NS</sup>
DMS	3,65	0,71	1,83	0,34	0,57	1,31	1,96	0,82	0,20	1,92
CV %	13,79	6,44	7,07	6,60	5,72	6,75	8,27	7,73	10,67	10,47
Média Geral	9,12	3,80	8,93	1,75	3,42	6,67	8,15	3,64	0,64	6,30

Tratamento (T)	DAP									
	333									
	Npml	AP (m)	NEC	AC (m)	DC (cm)	NFV	NFS	NFE	AF (m <sup>2</sup> )	IAF (m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> )
T1 (SI)	10,00	4,44	11,67	2,26	3,50	7,20	8,33	3,27	0,68	7,08
T2 (EET-0,20-C)	7,33	4,34	11,33	2,07	3,51	7,53	9,00	3,13	0,71	5,47
T3 (EET-0,20-S)	8,00	4,42	11,00	2,25	3,57	6,73	9,00	3,33	0,64	5,65
T4 (EET-0,40-C)	10,00	4,44	11,33	2,29	3,45	6,93	9,53	3,33	0,65	7,20
T5 (EET-0,40-S)	8,33	4,40	11,67	2,25	3,41	7,07	9,67	3,47	0,73	6,80
T6 (ARS-0,20-C)	8,33	4,32	10,67	2,12	3,37	6,53	9,67	3,53	0,63	5,65
T7 (ARS-0,20-S)	9,33	4,31	11,00	2,04	3,60	7,13	8,00	3,33	0,64	5,81
T8 (ARS-0,40-C)	8,00	4,50	12,00	2,15	3,59	7,60	9,00	3,13	0,78	6,46
T9 (ARS-0,40-S)	8,67	4,61	11,33	2,19	3,65	6,93	10,00	3,27	0,70	5,71
Teste F para T	0,09 <sup>NS</sup>	0,64 <sup>NS</sup>	0,40 <sup>NS</sup>	0,31 <sup>NS</sup>	0,51 <sup>NS</sup>	0,46 <sup>NS</sup>	0,08 <sup>NS</sup>	0,54 <sup>NS</sup>	0,30 <sup>NS</sup>	0,05 <sup>NS</sup>
DMS	3,18	0,56	1,94	0,39	0,49	1,72	2,20	0,71	0,22	2,07
CV %	12,61	4,34	5,88	6,21	0,78	8,36	8,30	7,36	11,13	11,46
Média Geral	8,67	4,42	11,33	2,18	3,52	7,07	9,13	3,11	0,68	6,20



**Continuação Apêndice 3.** Análise de variância para os parâmetros agrônômicos de cana-de-açúcar para os tratamentos irrigados em comparação ao tratamento não irrigado, aos 303, 333, 358, 408 e 482 DAP no ciclo da cana-planta.

Tratamento (T)	DAP									
	358									
	Npml	AP (m)	NEC	AC (m)	DC (cm)	NFV	NFS	NFE	AF (m <sup>2</sup> )	IAF (m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> )
T1 (SI)	8,67	4,99	14,33	2,5	3,62	6,13	8,33	3,53 ab	0,61	5,79
T2 (EET-0,20-C)	7,33	4,89	13,33	2,37	3,35	6,6	8,67	4,00 a	0,66	5,36
T3 (EET-0,20-S)	7,67	4,87	13,33	2,42	3,47	6,73	8,33	3,33 b	0,67	5,47
T4 (EET-0,40-C)	9,33	5,03	14	2,54	3,37	6,13	9,67	3,87 ab	0,63	6,29
T5 (EET-0,40-S)	8,67	4,93	14,33	2,66	3,31	6,8	9,33	4,00 a	0,66	6,11
T6 (ARS-0,20-C)	8,00	4,86	14,33	2,58	3,39	5,87	9,33	3,80 ab	0,57	5,09
T7 (ARS-0,20-S)	8,67	5,03	13,33	2,51	3,43	6,67	8,00	4,07 a	0,67	5,97
T8 (ARS-0,40-C)	8,33	4,96	14,00	2,48	3,47	5,8	8,67	3,73 ab	0,57	4,64
T9 (ARS-0,40-S)	8,67	4,93	13,33	2,49	3,4	6,67	9,33	3,67 ab	0,66	5,81
Teste F para T	0,18 <sup>NS</sup>	0,99 <sup>NS</sup>	0,59 <sup>NS</sup>	0,38 <sup>NS</sup>	0,48 <sup>NS</sup>	0,33 <sup>NS</sup>	0,07 <sup>NS</sup>	0,01*	0,44 <sup>NS</sup>	0,09 <sup>NS</sup>
DMS	2,36	0,70	2,92	0,41	0,45	1,76	1,93	0,61	0,19	1,78
CV %	9,72	4,87	7,25	5,59	4,52	9,51	7,49	5,58	10,52	10,93
Média Geral	8,37	4,94	13,85	2,52	3,42	6,38	8,85	3,78	0,63	5,61

Tratamento (T)	DAP									
	408									
	Npml	AP (m)	NEC	AC (m)	DC (cm)	NFV	NFS	NFE	AF (m <sup>2</sup> )	IAF (m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> )
T1 (SI)	8,67	5,04	18,00	2,78	3,38	6,00 b	12,33 ab	3,67 ab	0,59	5,59
T2 (EET-0,20-C)	7,33	5,10	16,67	2,71	3,48	6,13 ab	11,00 b	4,00 a	0,66	5,38
T3 (EET-0,20-S)	7,67	4,92	17,33	2,88	3,59	6,67 ab	11,67 ab	3,13 b	0,65	5,34
T4 (EET-0,40-C)	9,33	5,06	16,67	2,77	3,64	6,20 ab	10,67 b	3,60 ab	0,55	5,51
T5 (EET-0,40-S)	8,67	5,04	17,67	2,74	3,58	6,93 a	12,67 ab	3,93 ab	0,66	6,17
T6 (ARS-0,20-C)	8,00	5,00	18,33	2,65	3,70	6,33 ab	12,67 ab	3,93 ab	0,65	6,46
T7 (ARS-0,20-S)	8,67	5,08	17,33	2,78	3,37	6,93 a	12,33 ab	3,13 b	0,66	6,61
T8 (ARS-0,40-C)	8,33	5,12	18,00	2,80	3,79	6,00 b	13,33 a	3,87 ab	0,64	6,10
T9 (ARS-0,40-S)	8,67	5,15	16,67	2,88	3,62	6,93 a	12,00 ab	3,33 ab	0,68	6,77
Teste F para T	0,18 <sup>NS</sup>	0,91 <sup>NS</sup>	0,32 <sup>NS</sup>	0,60 <sup>NS</sup>	0,06 <sup>NS</sup>	0,002*	0,015*	0,004*	0,32 <sup>NS</sup>	0,08 <sup>NS</sup>
DMS	2,36	0,54	2,86	0,40	0,45	0,87	2,26	0,80	0,18	1,86
CV %	9,72	3,70	5,65	5,01	4,36	4,63	6,45	7,64	9,71	10,66
Média Geral	8,37	5,06	17,41	2,78	3,57	6,46	12,07	3,62	0,64	5,99

**Continuação Apêndice 3.** Análise de variância para os parâmetros agrônômicos de cana-de-açúcar para os tratamentos irrigados em comparação ao tratamento não irrigado, aos 303, 333, 358, 408 e 482 DAP no ciclo da cana-planta.

Tratamento (T)	DAP									
	482									
	Npml	AP (m)	NEC	AC (m)	DC (cm)	NFV	NFS	NFE	AF (m <sup>2</sup> )	IAF (m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> )
<b>T1 (SI)</b>	8,67	5,04	20,67	3,39	3,43	7,00 ab	13,00	3,87	0,68 abc	6,43 a
<b>T2 (EET-0,20-C)</b>	7,33	5,10	21,00	3,04	3,45	7,00 ab	14,67	3,73	0,65 abc	5,32 bc
<b>T3 (EET-0,20-S)</b>	7,67	4,92	20,67	3,02	3,44	8,33 a	15,00	4,07	0,77 a	6,23 ab
<b>T4 (EET-0,40-C)</b>	9,33	5,06	22,33	3,26	3,44	6,07 b	13,00	3,80	0,60 c	6,04 abc
<b>T5 (EET-0,40-S)</b>	8,67	5,04	22,33	3,11	3,57	6,93 ab	16,67	3,73	0,68 abc	6,30 ab
<b>T6 (ARS-0,20-C)</b>	8,00	5,00	21,67	2,99	3,34	7,00 ab	12,67	3,67	0,71 abc	6,29 ab
<b>T7 (ARS-0,20-S)</b>	8,67	5,08	21,67	3,35	3,52	7,07 ab	14,33	4,20	0,73 ab	6,47 a
<b>T8 (ARS-0,40-C)</b>	8,33	5,12	21,33	3,41	3,50	6,87 ab	13,67	3,80	0,65 bc	5,21 c
<b>T9 (ARS-0,40-S)</b>	8,67	5,15	21,67	3,42	3,53	7,60 ab	16,00	4,00	0,72 abc	6,30 ab
<b>Teste F para T</b>	0,18 <sup>NS</sup>	0,91 <sup>NS</sup>	0,18 <sup>NS</sup>	0,17 <sup>NS</sup>	0,14 <sup>NS</sup>	0,01*	0,32 <sup>NS</sup>	0,89 <sup>NS</sup>	0,01*	0,002*
<b>DMS</b>	2,36	0,54	2,44	0,69	0,25	1,59	6,18	1,37	0,12	1,01
<b>CV %</b>	9,72	3,70	3,91	7,42	2,51	7,69	14,85	12,15	5,80	5,76
<b>Média Geral</b>	8,37	5,06	21,48	3,22	3,47	7,10	14,33	3,87	0,69	6,07

DAP – dias após do plantio, EET – efluente de esgoto tratado, ARS – água de reservatório superficial, C – com fertirrigação, S - sem fertirrigação, NPml – número de perfilhos por metro linear, AP – altura da planta, NEC – número de entrenós por colmo, AC – altura do colmo, DC – diâmetro do colmo, NFV – número de folhas verdes, NFS – número de folhas senescentes, NFE – número de folhas emergentes, AF – área foliar, IAF – índice de área foliar, NS – não significativo em 5% de probabilidade; \*significativo em 5% de probabilidade.

**Apêndice 4.** Área da folha +3 calculada e medida para determinação do fator de correção da variedade RB86-7515, nos estádios de crescimento intenso e maturação.

No. Planta	Folha +3			
	Comprimento (cm)	Largura	AFc (cm <sup>2</sup> )	AFm
1	177	6,0	1062,0	850,0
2	171	6,5	1111,5	883,6
3	140	4,5	630,0	525,3
4	157	4,5	706,5	585,9
5	185	5,3	980,5	766,7
6	180	5,4	972,0	784,4
7	173	5,0	865,0	683,2
8	178	5,4	961,2	748,9
9	170	5,2	884,0	688,9
10	194	4,4	853,6	676,6
11	178	5,2	925,6	779,9
12	186	5,0	930,0	691,5
13	191	5,0	955,0	726,0
14	184	6,0	1104,0	853,2
15	158	6,0	948,0	703,6
16	178	5,0	890,0	782,8
17	139	5,0	695,0	499,9
18	176	5,5	968,0	884,6
19	191	6,0	1146,0	881,3
20	200	4,5	900,0	729,7
21	195	5,8	1131,0	851,7
22	192	5,5	1056,0	811,2
23	174	4,5	783,0	622,8
24	175	5,4	945,0	752,1
25	160	5,0	800,0	789,6
26	189	5,0	945,0	833,1
27	181	5,5	995,5	898,1
<b>Média</b>	176,74	5,26	931,24	751,28
<b>Desvpad</b>	15,32	0,55	130,73	107,08
<b>CV (%)</b>	8,67	10,40	14,04	14,25

AFc – área foliar calculada; AFm – área foliar medida com integrador de área foliar

- **Parâmetros Tecnológicos**

**Apêndice 5.** Análise de variância para os parâmetros agrônômicos da cana-de-açúcar irrigada com diferentes qualidades de água, aplicação de fertirrigação e profundidades de instalação da fita gotejadora, aos 303, 333, 358, 408 e 482 DAP no ciclo da cana-planta.

Fator	Nível	DAP										
		358										
		MFC (kg)	BRIX (%)	PBU (g)	POL	Pu	AR (%)	PC	F	RTR (t ha <sup>-1</sup> )	ATR (kg ha <sup>-1</sup> )	EPC (t ha <sup>-1</sup> )
Qualidade (Q)	EET	1,83	12,44	100,93a	8,99	72,15	1,17	8,02	8,95 a	1,55	9,47	164,66
	ARS	1,78	11,89	96,17b	8,78	73,69	1,11	7,89	8,57 b	1,55	9,40	164,51
Teste F para Q		0,36 <sup>NS</sup>	0,07 <sup>NS</sup>	0,02*	0,72 <sup>NS</sup>	0,70 <sup>NS</sup>	0,71 <sup>NS</sup>	0,80 <sup>NS</sup>	0,02*	0,96 <sup>NS</sup>	0,81 <sup>NS</sup>	0,98 <sup>NS</sup>
Profundidade (P)	0,20 m	1,82	12,22	98,71	8,77	71,47	1,19	7,84	8,77	1,53	9,67	158,96
	0,40 m	1,79	12,11	98,39	9,01	74,37	1,09	8,06	8,75	1,57	9,19	170,21
Teste F para P		0,69 <sup>NS</sup>	0,68 <sup>NS</sup>	0,87 <sup>NS</sup>	0,70 <sup>NS</sup>	0,47 <sup>NS</sup>	0,48 <sup>NS</sup>	0,68 <sup>NS</sup>	0,86 <sup>NS</sup>	0,66 <sup>NS</sup>	0,09 <sup>NS</sup>	0,08 <sup>NS</sup>
Fertirrigação (F)	S	1,84	12,17	98,57	9,70	71,15	1,20	7,78	8,76	1,62	9,55	169,64
	C	1,77	12,15	98,53	9,08	74,69	1,08	8,13	8,76	1,48	9,32	159,53
Teste F para F		0,27 <sup>NS</sup>	0,94 <sup>NS</sup>	0,98 <sup>NS</sup>	0,52 <sup>NS</sup>	0,38 <sup>NS</sup>	0,39 <sup>NS</sup>	0,51 <sup>NS</sup>	0,97 <sup>NS</sup>	0,07 <sup>NS</sup>	0,42 <sup>NS</sup>	0,12 <sup>NS</sup>
Teste F para Q x P		0,13 <sup>NS</sup>	0,02*	0,44 <sup>NS</sup>	0,05 <sup>NS</sup>	0,12 <sup>NS</sup>	0,12 <sup>NS</sup>	0,05 <sup>NS</sup>	0,44 <sup>NS</sup>	0,15 <sup>NS</sup>	0,02*	0,10 <sup>NS</sup>
Teste F para Q x F		0,47 <sup>NS</sup>	0,66 <sup>NS</sup>	0,13 <sup>NS</sup>	0,70 <sup>NS</sup>	0,45 <sup>NS</sup>	0,45 <sup>NS</sup>	0,64 <sup>NS</sup>	0,14 <sup>NS</sup>	0,20 <sup>NS</sup>	0,09 <sup>NS</sup>	0,08 <sup>NS</sup>
Teste F para P x F		0,88 <sup>NS</sup>	0,01*	0,22 <sup>NS</sup>	0,31 <sup>NS</sup>	0,96 <sup>NS</sup>	0,95 <sup>NS</sup>	0,36 <sup>NS</sup>	0,22 <sup>NS</sup>	0,67 <sup>NS</sup>	0,20 <sup>NS</sup>	0,60 <sup>NS</sup>
Teste F para Q x P x F		0,57 <sup>NS</sup>	0,15 <sup>NS</sup>	0,73 <sup>NS</sup>	0,92 <sup>NS</sup>	0,64 <sup>NS</sup>	0,65 <sup>NS</sup>	0,92 <sup>NS</sup>	0,73 <sup>NS</sup>	0,76 <sup>NS</sup>	0,90 <sup>NS</sup>	0,60 <sup>NS</sup>
CV %		8,03	5,60	4,60	16,07	13,25	29,05	15,85	4,14	11,04	7,01	8,97
Média Geral		1,80	12,16	98,55	8,89	72,92	1,14	7,95	8,76	1,55	9,43	164,59

Fator	Nível	DAP										
		408										
		MFC (kg)	BRIX (%)	PBU (g)	POL	Pu	AR (%)	PC	F	RTR (t ha <sup>-1</sup> )	ATR (kg ha <sup>-1</sup> )	EPC (t ha <sup>-1</sup> )
Qualidade (Q)	EET	2,19	16,11	118,51	13,57	84,22	0,75	11,82	10,36	2,59	13,17	196,72
	ARS	2,21	15,81	119,22	13,71	86,94	0,66	11,93	10,41	2,76	13,47	205,21
Teste F para Q		0,87 <sup>NS</sup>	0,54 <sup>NS</sup>	0,75 <sup>NS</sup>	0,73 <sup>NS</sup>	0,14 <sup>NS</sup>	0,14 <sup>NS</sup>	0,74 <sup>NS</sup>	0,74 <sup>NS</sup>	0,37 <sup>NS</sup>	0,34 <sup>NS</sup>	0,47 <sup>NS</sup>
Profundidade (P)	0,20m	2,13	16,04	118,93	13,56	84,51	0,74	11,81	10,39	2,46b	13,32	185,50 b
	0,40m	2,28	15,88	118,80	13,72	86,68	0,67	11,94	10,38	2,89a	13,31	216,43 a
Teste F para P		0,22 <sup>NS</sup>	0,74 <sup>NS</sup>	0,95 <sup>NS</sup>	0,72 <sup>NS</sup>	0,24 <sup>NS</sup>	0,23 <sup>NS</sup>	0,69 <sup>NS</sup>	0,95 <sup>NS</sup>	0,03*	0,97 <sup>NS</sup>	0,02*
Fertirrigação (F)	S	2,29	15,65	118,71	13,45	86,18	0,69	11,71	10,37	2,76	13,06	210,78
	C	2,12	16,27	119,02	13,84	85,01	0,73	12,04	10,40	2,59	13,58	191,15
Teste F para F		0,19 <sup>NS</sup>	0,21 <sup>NS</sup>	0,89 <sup>NS</sup>	0,36 <sup>NS</sup>	0,52 <sup>NS</sup>	0,52 <sup>NS</sup>	0,35 <sup>NS</sup>	0,88 <sup>NS</sup>	0,34 <sup>NS</sup>	0,10 <sup>NS</sup>	0,11 <sup>NS</sup>
Teste F para Q x P		0,18 <sup>NS</sup>	0,65 <sup>NS</sup>	0,86 <sup>NS</sup>	0,15 <sup>NS</sup>	0,10 <sup>NS</sup>	0,10 <sup>NS</sup>	0,13 <sup>NS</sup>	0,85 <sup>NS</sup>	0,74 <sup>NS</sup>	0,17 <sup>NS</sup>	0,79 <sup>NS</sup>
Teste F para Q x F		0,35 <sup>NS</sup>	0,47 <sup>NS</sup>	0,89 <sup>NS</sup>	0,80 <sup>NS</sup>	0,39 <sup>NS</sup>	0,38 <sup>NS</sup>	0,80 <sup>NS</sup>	0,89 <sup>NS</sup>	0,23 <sup>NS</sup>	0,30 <sup>NS</sup>	0,08 <sup>NS</sup>
Teste F para P x F		0,76 <sup>NS</sup>	0,33 <sup>NS</sup>	0,27 <sup>NS</sup>	0,17 <sup>NS</sup>	0,45 <sup>NS</sup>	0,47 <sup>NS</sup>	0,19 <sup>NS</sup>	0,27 <sup>NS</sup>	0,82 <sup>NS</sup>	0,03*	0,56 <sup>NS</sup>
Teste F para Q x P x F		0,87 <sup>NS</sup>	0,73 <sup>NS</sup>	0,29 <sup>NS</sup>	0,88 <sup>NS</sup>	0,41 <sup>NS</sup>	0,39 <sup>NS</sup>	0,80 <sup>NS</sup>	0,29 <sup>NS</sup>	0,60 <sup>NS</sup>	0,42 <sup>NS</sup>	0,83 <sup>NS</sup>
CV %		13,34	7,38	4,45	7,39	5,06	20,86	7,03	4,08	16,35	5,45	13,98
Média Geral		2,20	15,96	118,86	13,64	85,59	0,70	11,87	10,39	2,68	13,32	200,96

**Continuação Apêndice 5.** Análise de variância para os parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar irrigada com diferentes qualidades de água, aplicação de fertirrigação e profundidades de instalação da fita gotejadora, aos 358, 408 e 482 DAP no ciclo da cana-planta.

Fator	Nível	DAP										
		482										
		MFC (kg)	BRIX (%)	PBU (g)	POL	Pu	AR (%)	PC	F	RTR (t ha <sup>-1</sup> )	ATR (kg ha <sup>-1</sup> )	EPC (t ha <sup>-1</sup> )
Qualidade (Q)	EET	2,67 a	19,39	126,22	16,44	84,72	0,74	14,17	10,97	3,68	15,52	238,85
	ARS	2,42 b	19,53	124,00	16,45	84,03	0,76	14,22	10,80	3,52	15,57	225,76
Teste F para Q		0,03*	0,74 <sup>NS</sup>	0,48 <sup>NS</sup>	0,98 <sup>NS</sup>	0,49 <sup>NS</sup>	0,50 <sup>NS</sup>	0,90 <sup>NS</sup>	0,48 <sup>NS</sup>	0,50 <sup>NS</sup>	0,91 <sup>NS</sup>	0,31 <sup>NS</sup>
Profundidade (P)	0,20m	2,53	20,04a	125,73	17,15a	85,53a	0,71b	14,79a	10,94	3,58	16,18a	221,15
	0,40m	2,56	18,88b	124,49	15,74b	83,22b	0,79a	13,59b	10,84	3,62	16,18b	243,47
Teste F para P		0,83 <sup>NS</sup>	0,02*	0,69 <sup>NS</sup>	0,01*	0,03*	0,03*	0,01*	0,69 <sup>NS</sup>	0,84 <sup>NS</sup>	0,02*	0,09 <sup>NS</sup>
Fertirrigação (F)	S	2,60	19,53	122,45	16,61	85,00	0,73	14,38	10,67	3,79	15,79	239,65
	C	2,49	19,40	127,78	16,29	83,76	0,77	14,00	11,10	3,41	15,30	224,96
Teste F para F		0,27 <sup>NS</sup>	0,76 <sup>NS</sup>	0,10 <sup>NS</sup>	0,53 <sup>NS</sup>	0,22 <sup>NS</sup>	0,24 <sup>NS</sup>	0,39 <sup>NS</sup>	0,10 <sup>NS</sup>	0,13 <sup>NS</sup>	0,33	0,26 <sup>NS</sup>
Teste F para Q x P		0,56 <sup>NS</sup>	0,17 <sup>NS</sup>	0,13 <sup>NS</sup>	0,17 <sup>NS</sup>	0,29 <sup>NS</sup>	0,30 <sup>NS</sup>	0,23 <sup>NS</sup>	0,13 <sup>NS</sup>	0,13 <sup>NS</sup>	0,32 <sup>NS</sup>	0,15 <sup>NS</sup>
Teste F para Q x F		0,15 <sup>NS</sup>	0,61 <sup>NS</sup>	0,22 <sup>NS</sup>	0,76 <sup>NS</sup>	0,75 <sup>NS</sup>	0,81 <sup>NS</sup>	0,63 <sup>NS</sup>	0,22 <sup>NS</sup>	0,13 <sup>NS</sup>	0,71 <sup>NS</sup>	0,05*
Teste F para P x F		0,03*	0,002*	0,18 <sup>NS</sup>	0,01*	0,30 <sup>NS</sup>	0,32 <sup>NS</sup>	0,01*	0,18 <sup>NS</sup>	0,67 <sup>NS</sup>	0,01*	0,05*
Teste F para Q x P x F		0,61 <sup>NS</sup>	0,09 <sup>NS</sup>	0,95 <sup>NS</sup>	0,16 <sup>NS</sup>	0,66 <sup>NS</sup>	0,67 <sup>NS</sup>	0,16 <sup>NS</sup>	0,96 <sup>NS</sup>	0,47 <sup>NS</sup>	0,22 <sup>NS</sup>	0,71 <sup>NS</sup>
CV %		9,35	5,29	5,99	7,38	2,83	11,16	7,38	5,51	16,02	7,55	13,09
Média Geral		2,55	19,46	125,11	16,45	84,38	0,75	14,19	10,89	3,60	15,54	232,31

**Apêndice 6.** Análise de variância para os parâmetros agronômicos de cana-de-açúcar para os tratamentos irrigados em comparação ao tratamento não irrigado, aos 303, 333, 358, 408 e 482 DAP no ciclo da cana-planta.

Tratamento (T)	DAP										
	358										
	MFC (kg)	BRIX (%)	PBU (g)	POL	Pu	AR (%)	PC	F	RTR (t ha <sup>-1</sup> )	ATR (kg ha <sup>-1</sup> )	EPC (t ha <sup>-1</sup> )
T1 (SI)	1,66	11,88	95,84 ab	7,75 b	70,61	1,30 a	8,01	8,54 ab	12,50 ab	80,12 ab	155,22
T2 (EET-0,20-C)	1,67	13,12	105,34 a	9,84 a	75,08	1,17 ab	8,75	9,30 a	13,70 ab	92,89 a	147,54
T3 (EET-0,20-S)	1,76	12,58	98,31 ab	9,17 ab	72,92	1,14 ab	8,21	8,61 ab	12,95 ab	88,40 ab	146,26
T4 (EET-0,40-C)	1,77	11,86	100,80 ab	8,02 ab	71,30	1,25 ab	7,19	8,65 ab	15,76 a	86,05 ab	183,04
T5 (EET-0,40-S)	1,79	12,20	100,65 ab	8,07 ab	70,88	1,15 ab	7,35	8,50 ab	15,97 a	87,65 ab	181,81
T6 (ARS-0,20-C)	1,81	12,19	93,59 ab	8,48 ab	71,23	1,16 ab	7,56	8,42 ab	13,11 ab	83,50 ab	157,07
T7 (ARS-0,20-S)	1,83	12,00	96,75 ab	8,43 ab	73,61	1,19 ab	7,83	8,48 ab	15,71 a	84,96 ab	184,99
T8 (ARS-0,40-C)	1,90	11,47	92,80 b	8,12 ab	66,77	1,26 ab	7,32	8,28 b	12,17 b	80,94 ab	150,49
T9 (ARS-0,40-S)	1,90	12,90	100,95 ab	9,54 ab	70,73	1,10 b	8,53	8,55 ab	12,79 ab	77,68 b	165,48
Teste F para T	0,55 <sup>NS</sup>	0,55 <sup>NS</sup>	0,04*	0,01*	0,11 <sup>NS</sup>	0,03*	0,09 <sup>NS</sup>	0,05*	0,02*	0,04*	0,14 <sup>NS</sup>
DMS	0,46	1,69	12,08	1,82	8,25	0,2	1,9	0,88	4,1	14,46	41,9
CV %	8,83	4,74	4,23	7,28	3,97	5,73	8,32	3,54	10,19	5,88	8,82
Média Geral	1,79	12,24	98,34	8,60	71,46	1,19	7,86	8,59	13,85	84,69	163,54

Tratamento (T)	DAP										
	408										
	MFC (kg)	BRIX (%)	PBU (g)	POL	Pu	AR (%)	PC	F	RTR (t ha <sup>-1</sup> )	ATR (kg ha <sup>-1</sup> )	EPC (t ha <sup>-1</sup> )
T1 (SI)	1,90	16,85	122,40	13,62	82,66	0,80	12,07	10,67	22,99	122,61	186,87
T2 (EET-0,20-C)	1,99	16,77	121,20	14,21	84,80	0,73	12,33	10,57	21,88	124,63	176,00
T3 (EET-0,20-S)	2,15	15,20	114,93	12,76	83,90	0,74	11,70	10,18	21,93	118,65	183,39
T4 (EET-0,40-C)	2,18	15,54	115,83	13,44	84,04	0,67	11,55	10,14	25,74	117,25	219,41
T5 (EET-0,40-S)	2,19	16,11	120,66	13,45	83,49	0,78	11,68	10,53	24,75	118,71	208,08
T6 (ARS-0,20-C)	2,20	16,50	116,29	13,07	82,67	0,66	12,81	10,43	20,69	122,32	168,54
T7 (ARS-0,20-S)	2,24	15,70	119,39	13,01	86,40	0,68	11,10	10,37	24,13	112,87	214,05
T8 (ARS-0,40-C)	2,25	16,17	119,78	14,13	84,39	0,78	12,20	10,45	24,62	122,80	200,65
T9 (ARS-0,40-S)	2,51	15,51	119,09	14,18	86,56	0,74	12,34	10,40	29,13	125,63	237,59
Teste F para T	0,40 <sup>NS</sup>	0,70 <sup>NS</sup>	0,62 <sup>NS</sup>	0,12 <sup>NS</sup>	0,44 <sup>NS</sup>	0,16 <sup>NS</sup>	0,17 <sup>NS</sup>	0,78 <sup>NS</sup>	0,33 <sup>NS</sup>	0,71 <sup>NS</sup>	0,09 <sup>NS</sup>
DMS	0,81	2,97	14,68	1,95	6,91	0,2	1,99	1,13	11,36	22,78	76,45
CV %	12,85	6,37	4,25	4,98	2,82	9,30	5,72	3,75	16,30	6,52	13,20
Média Geral	2,18	16,00	118,84	13,54	84,32	0,73	11,98	10,42	23,98	120,27	199,40

**Continuação Apêndice 6.** Análise de variância para os parâmetros agrônômicos de cana-de-açúcar para os tratamentos irrigados em comparação ao tratamento não irrigado, aos 303, 333, 358, 408 e 482 DAP no ciclo da cana-planta.

Tratamento (T)	DAP										
	482										
	MFC (kg)	BRIX (%)	PBU (g)	POL	Pu	AR (%)	PC	F	RTR (t ha <sup>-1</sup> )	ATR (kg ha <sup>-1</sup> )	EPC (t ha <sup>-1</sup> )
<b>T1 (SI)</b>	2,16	20,45 ab	131,60 ab	17,77 ab	85,12	0,74 ab	15,23 ab	11,35	35,66	151,97 ab	234,05 ab
<b>T2 (EET-0,20-C)</b>	2,43	19,89 abc	135,71 a	16,95 abc	85,20	0,72 ab	14,51 ab	11,37	30,33	145,40 abc	208,32 ab
<b>T3 (EET-0,20-S)</b>	2,48	19,44 abc	117,68 b	16,62 abc	85,76	0,71 abc	14,35 ab	9,99	33,08	145,23 abc	227,99 ab
<b>T4 (EET-0,40-C)</b>	2,49	17,88 ab	126,73 ab	14,96 bc	82,73	0,78 a	12,91 b	10,99	36,63	130,47 bc	281,70 a
<b>T5 (EET-0,40-S)</b>	2,50	19,69 abc	125,48 ab	16,68 abc	84,87	0,71 abc	14,43 ab	10,92	34,19	144,74 abc	237,39 ab
<b>T6 (ARS-0,20-C)</b>	2,56	21,63 a	130,03 ab	18,57 a	85,69	0,58 b	15,93 a	11,28	30,55	158,98 a	192,00 b
<b>T7 (ARS-0,20-S)</b>	2,61	19,13 abc	121,22 ab	16,29 abc	84,85	0,65 bc	14,17 ab	10,57	37,56	145,88 abc	256,27 ab
<b>T8 (ARS-0,40-C)</b>	2,81	17,52 c	120,70 ab	14,52 c	82,49	0,76 ab	12,34 b	10,42	27,38	125,75 c	217,81 ab
<b>T9 (ARS-0,40-S)</b>	2,81	19,78 abc	122,49 ab	16,59 abc	84,33	0,75 ab	14,37 ab	10,68	34,30	144,52 abc	236,96 ab
<b>Teste F para T</b>	0,11 <sup>NS</sup>	0,50*	0,03*	0,01*	0,51 <sup>NS</sup>	0,002*	0,02*	0,08 <sup>NS</sup>	0,32 <sup>NS</sup>	0,01*	0,01*
<b>DMS</b>	0,71	2,75	17,39	3,15	6,16	0,13	2,99	1,57	14,74	25,68	89,62
<b>CV %</b>	9,57	4,86	4,76	6,55	2,51	6,42	7,22	4,98	15,24	6,15	13,27
<b>Média Geral</b>	2,54	19,49	125,74	16,55	84,56	0,71	14,25	10,84	33,30	143,66	232,50