

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR
SOB IRRIGAÇÃO SUBSUPERFICIAL EM ÁREA INFESTADA
COM NEMATOIDES E CARVÃO**

Thayane Leonel Alves

Engenheira Agrônoma

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR
SOB IRRIGAÇÃO SUBSUPERFICIAL EM ÁREA INFESTADA
COM NEMATOIDES E CARVÃO**

Thayane Leonel Alves

Orientador: Prof. Dr. José Renato Zanini

Coorientador: Prof. Dr. Alexandre Barcellos Dalri

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo).

2020

A474p

Alves, Thayane Leonel

Produtividade de cultivares de cana-de-açúcar sob irrigação subsuperficial em área infestada com nematoides e carvão / Thayane Leonel Alves. – Jaboticabal, 2020

42 f. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: José Renato Zanini

Coorientador: Alexandre Barcellos Dalri

1. Ciência do Solo. 2. Engenharia de água e solo. 3. Irrigação e Drenagem. 4. Saccharum spp. L.. 5. Irrigação subsuperficial. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR SOB IRRIGAÇÃO SUBSUPERFICIAL EM ÁREA INFESTADA COM NEMATOIDES E CARVÃO

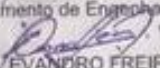
AUTORA: THAYANE LEONEL ALVES

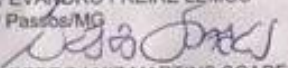
ORIENTADOR: JOSÉ RENATO ZANINI

COORDENADOR: ALEXANDRE BARCELLOS DALRI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (CIÊNCIA DO SOLO), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. ALEXANDRE BARCELLOS DALRI
Departamento de Engenharia Rural / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Prof. Dr. EVANDRO FREIRE LEMOS
UEMG / Passos/MG


Prof. Dr. PEDRO LUIZ MARTINS SOARES
Departamento de Fitossanidade / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 17 de fevereiro de 2020

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Thayane Leonel Alves - Brasileira, nascida em 23 de agosto de 1990, natural de Capitólio, Minas Gerais, filha de Janete Teixeira Alves e Alberico Goulart Alves. Em fevereiro de 2010 ingressou no curso técnico em Agricultura e técnico em Zootecnia no Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG), Campus Bambuí, concluindo em outubro de 2011. Em fevereiro de 2013, ingressou no curso de graduação de Engenharia Agrônômica na Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), Unidade Passos, com conclusão realizada em fevereiro de 2018. Foi bolsista de iniciação científica PIBIC/FAPEMIG, do projeto “Eficiência de diferentes doses de Broadacre CMZ na cultura do milho”, no período de 03/2014 a 02/2015. Foi bolsista de iniciação científica PAEx/UEMG, do projeto “Avaliação das condições higiênico sanitária dos diferentes tipos de sistemas de ordenha e características físicas, químicas e microbiológicas do leite cru refrigerado”, no período de 06/2015 a 12/2015. Também colaborou na execução dos seguintes projetos: “Eficiência do tamanho de populações F2 na análise de QTL” (07/2014 a 07/2015), “O uso de regulador de crescimento a base de etefon na colheita mecanizada do café (*Coffea arabica*)” (04/2017 a 12/2017), “Avaliação de combinações de resíduos orgânicos na formação da compostagem” (03/2017 a 02/2018). Foi bolsista de estágio nas dependências físicas da UEMG, Fazenda Experimental, no período de 08/2016 a 02/2018. Foi estagiária na Fazenda Aruã, atuando no manejo da lavoura de café; estagiária na Fazenda Ninfas, atuando no manejo integrado de pragas na lavoura de soja; estagiou junto ao consultor técnico, Rodrigo Mendes Oliveira, no cultivo de bananeira, nas cidades de Janaúba, Jaíba e Itacarambi – MG; e estagiou no Laboratório de Análise de Solos e Foliar (UEMG) e no Laboratório de Análise Ambientais e Produtos Alimentícios (LAAPA/UEMG). Participou do centro acadêmico do curso de Engenharia Agrônômica, foi monitora da disciplina de Fisiologia Vegetal e foi aluna destaque da turma de 2013-2017, com média de 8,99 pontos. Em março de 2018, ingressou no mestrado em Agronomia (Ciência do Solo), na UNESP/FCAV, Câmpus de Jaboticabal, tornando-se membro do grupo de pesquisa em irrigação e meio ambiente (GpIMA) e atuando na produção de cultivares de cana-de-açúcar sob déficit de irrigação subsuperficial, na quarta soca, sendo bolsista CAPES, por 14 meses, com conclusão realizada em fevereiro de 2020.

Epígrafe

“Ame o seu próximo como a si mesmo”. Rm 13: 9.

“Acima de tudo, seja construtivo”. Dale Carnegie

Dedico

Ao meu professor da graduação Evandro Freire Lemos e um grande amigo
José de Arruda Barbosa, por toda ajuda e incentivo durante o mestrado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desse trabalho, em especial:

À Deus, por me conceder a vida, me dando energia, força e fé para concluir todo esse trabalho.

Aos meus pais, Alberico e Janete, pela educação e exemplos transmitidos, e por todo o apoio moral e financeiro neste momento importante. Aos meus irmãos, Rafael, Rafaela e Cesar, minhas sobrinhas, cunhado e cunhada, e família, mesmo estando longe, torceram para que tudo desse certo.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho” /Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP/FCAV, pela oportunidade de realizar o mestrado e disponibilização da área para condução do experimento e todos seus funcionários.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Ao Evandro Freire Lemos, meu professor da graduação, amigo, conselheiro e mesmo depois de formada ainda me ajuda muito, se não fosse ele e minha professora Ana Carina, não teria feito o mestrado.

Ao José de Arruda Barbosa, agradeço a todos os momentos ao meu lado, durante o mestrado. Sem sua presença, acredito que as coisas seriam muito mais difíceis. Você foi meu porto seguro.

Ao meu professor orientador, José Renato Zanini e meu coorientador Alexandre Barcellos Dalri, pela orientação durante o mestrado e toda a disposição em ampliar meus conhecimentos.

Aos professores do mestrado, Glauco, Everlon, Paraletti, Zanini, Rouverson, Gener, Alan, Eder Martins e Maria Emília, pelo interesse e esforço em prol da pesquisa e do crescimento acadêmico da instituição.

A todos do grupo de estudo GPIMA, pela amizade e companheirismo, em especial, o Anderson, o Antônio, o João Fischer, o Jonathan, o José de Arruda (Juca), a Marcilene, o Pablo e o Ancelmo, por toda ajuda na execução do experimento.

À todas minhas amigas da pensão da Ivete, Poliana, Beatriz, Lara, Thais, Gabriela, Fernanda, Lívia e Danise pelas inúmeras conversas, pelos comes e bebes dos aniversários, e por dividirem suas vidas comigo.

Aos meus orientandos destes últimos dois anos, Henrique, Gustavo, Douglas e Felipe, por todo aprendizado, experiencia de trabalho em equipe e por ter ajudado no experimento.

Aos membros da banca da qualificação e defesa, Luiz Fabiano e Mara, Evandro e Pedro, pelas sugestões que tanto contribuíram para a melhoria da dissertação.

Ao LabNema, o FertLab e ao Laboratório de Microbiologia do Solo, pelo apoio dispensado na realização das análises laboratoriais, em especial aos professores Pedro, Mara e Everlon, responsáveis pelos laboratórios, que não mediram esforços para que esse e outros estudos fossem realizados, e os colegas, Daniel, Junior, Amanda, Denise, Roberta, Samira, Lívia, Maura e Roberta, que me ensinaram a fazer as análises e todo auxilio no laboratório. Agradeço pela amizade, pela compreensão e pela confiança.

Aos meus amigos da UNESP/FCAV, Kamila, Waleska, Gelza, Antônio Marcio, Mariana, José Lucas, Luiz, Antônio, Mar, Diego, Carmem, Lívia, Nubia, Rafael, Renatinha, Stella, Tainara e Karita, por compartilharem desta importante etapa da minha vida.

Aos meus companheiros de morada, Patrícia e Antônio, pela amizade e companheirismos no dia a dia.

Ao TLC de Jaboticabal e minha coach, Erika, por ter alimentado mais a minha fé, autoconfiança e esperança durante o final dessa jornada.

Sem todos o mundo não teria cor. Sintam-se abraçados....

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 A cultura da cana-de-açúcar	2
2.2 A irrigação	3
2.3 Cultivares de cana-de-açúcar	4
2.4 Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar	6
2.5 Danos e perdas causadas pelos nematoides e carvão da cana-de-açúcar	8
3 MATERIAL E MÉTODOS	9
3.1 Localização e caracterização da área experimental	9
3.2 Delineamento experimental	10
3.3 Condução do experimento e variáveis analisadas	11
3.4 Precipitação, evapotranspiração e irrigação durante o experimento	15
3.5 Análise estatística	15
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
4.1 Variáveis de contagem de nematoides e carvão da cana-de-açúcar	16
4.2 Variáveis de qualidade tecnológica	18
4.3 Variáveis de produtividade e números de colmos por metro	22
5 CONCLUSÃO	24
6 REFERÊNCIAS	25

PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE CANA-DE-AÇÚCAR SOB IRRIGAÇÃO SUBSUPERFICIAL EM ÁREA INFESTADA COM NEMATOIDES E CARVÃO

RESUMO - A água é um fator limitante para a produção de cana-de-açúcar, pois o seu consumo varia em função do ciclo da cultura. A irrigação por gotejamento subsuperficial faz com que a água seja aplicada no momento necessário e diretamente na raiz, evitando-se perdas. Objetivou-se comparar déficits de irrigação aplicados via gotejamento subsuperficial em cinco cultivares de cana-de-açúcar, na quarta soca, bem como investigar a presença de nematoides e carvão (*Ustilago scitaminea*) e seus efeitos no rendimento e produção da cultura. O experimento foi conduzido na Universidade Estadual Paulista UNESP/FCAV, no qual estudou-se a quarta soca da cana-de-açúcar, iniciando-se em julho de 2018 a julho de 2019. O delineamento experimental utilizado foi em Blocos Incompletos Parcialmente Balanceados (BIPB). O experimento consistiu em três fatores sendo a irrigação suplementar, a irrigação deficitária e o sequeiro (não irrigado). Esses fatores foram alocados nas parcelas e as cinco cultivares (CTC4, IACSP93-3046, RB86-7515, IACSP95-5000 e IAC91-1099) foram alocadas nas subparcelas. Foi realizada a análise de variância, a 5% de probabilidade e quando significativo para os efeitos simples e interação, foi realizada a comparação de médias pelo teste t, a 5% de probabilidade. A irrigação por gotejamento subsuperficial neste trabalho proporcionou ganhos em média de 45 t ha⁻¹, em relação ao sequeiro. A cultivar que se destacou foi a CTC4, no regime suplementar, apresentando 21 colmos por metro, obtendo ganhos de 75 t ha⁻¹ a mais que o tratamento não irrigado. A produtividade das cultivares IACSP93-3046 e RB86-7515 foi afetada, devido ao ataque de nematoides e carvão da cana-de-açúcar. As características tecnológicas não apresentaram diferença em função dos manejos de irrigação, nem entre as cultivares. De maneira geral, o sequeiro apresentou melhor qualidade tecnológica, provavelmente em função do tombamento observado na área dos tratamentos irrigados, que apresentaram crescimento acelerado no início e alto perfilhamento, favorecendo o tombamento das touceiras.

Palavras-chave: colmos, gotejamento, qualidade tecnológica, quarta soca, regime hídrico

PRODUCTIVITY OF SUGARCANE CULTIVARS UNDER SUBSURFACE IRRIGATION IN AN AREA INFESTED WITH NEMATODES AND COAL

ABSTRACT – In sugarcane production, water is a yield-limiting factor, and water requirements may vary according to crop cycle. Subsurface drip irrigation is an interesting technique that allows water to be delivered directly to the root at sufficient quantities, avoiding loss. This study aimed to assess the effects of three irrigation regimes on subsurface-irrigated five sugarcane cultivars, in the fourth ratoon, as well as to investigate the presence of nematodes and sugarcane smut (*Ustilago scitaminea*) and their effects on crop yield and production. The experiment was conducted at the São Paulo State University, Brazil, from July 2018 to July 2019. A partially balanced incomplete block design was used, with three treatments (supplemental irrigation, deficit irrigation, and no irrigation) assigned to plots and five cultivars (CTC 4, IACSP93-3046, RB86-7515, IACSP95-5000, and IAC91-1099) assigned to sub-plots. Main and interaction effects were assessed by analysis of variance followed by Tukey's test for pairwise mean comparisons at $P < 0.05$. Subsurface drip irrigation, in this experiment, increased sugarcane yield by 45 t ha^{-1} compared to no irrigation. The highest yield was obtained with CTC4 under supplemental irrigation, which was 75 t ha^{-1} higher than that of non-irrigated. Under supplemental subsurface drip irrigation, CTC4 produced 21 stalks m^{-1} . IACSP93-3046 and RB86-7515 were affected by nematodes and sugarcane smut. Most crop parameters didn't vary between irrigation treatments or cultivars, but, overall, non-irrigated sugarcane had a higher quality. This probably occurred due to the tipping observed in the area, the irrigated treatments obtained an accelerated growth in the beginning and high tillering, favoring the tipping of the clumps.

Keywords: stalk, drip irrigation, crop quality, ratoon fourth, irrigation regime

1 INTRODUÇÃO

Condições climáticas favoráveis e boa disponibilidade de território para o plantio, tornam o Brasil o maior produtor de cana-de-açúcar, sendo essa cultura de grande importância econômica para o país. Segundo dados da CONAB (2019), o Brasil produziu 72,2 t ha⁻¹ de cana-de-açúcar na safra de 2018/19, e na safra de 2019/20 estima-se que vá produzir cerca de 74,2 t ha⁻¹ de cana-de-açúcar sendo São Paulo o estado com a maior produtividade de cana-de-açúcar, 75,2 t ha⁻¹, em 2018/19. A área colhida em 2018/19 ficou em 8,59 milhões de hectares, diminuição de 1,6% se comparada a 2017/18.

Sabendo que o País possui grande potencial para aumentar a produção de cana-de-açúcar, devido ao seu vasto território e a diversas tecnologias de manejo, demandam-se estudos que favoreçam esse desenvolvimento, já que vários fatores podem influenciar na produtividade, dentre eles as condições edafoclimáticas.

No Brasil, há diferentes tipos de clima e o tipo que abrange o estado de São Paulo é o tropical de altitude, que sofre ação da massa de ar tropical atlântica que provoca chuvas no verão. Diversas mudanças no clima ocasionadas pelas atividades humanas, dentre elas o aquecimento global e os seus danos, estão aumentando a cada ano (Vinogradov e Strebkov, 2020).

A elevação da temperatura provoca mudanças nos regimes de chuvas, secas, ventos correntes marinhas que agem sobre o mundo e as chuvas irregulares são um dos fatores que mais prejudicam a produtividade das lavouras. Portanto, o uso de irrigação é um meio para mitigar esse problema, pois permite a aplicação da água nos períodos críticos da cultura, permitindo aumento da produtividade e equilíbrio da oferta de alimentos no mundo (ANA, 2017).

De acordo com os dados da FAOSTAT (2017), o Brasil é um dos dez países com maior área com uso de irrigação. Contudo, as áreas do Brasil que atualmente utilizam irrigação, considerando a área total determinada com potencial de uso, é baixa, em contrapartida, estudos demonstram aumentos ao longo dos anos de áreas irrigadas no País (ANA, 2017).

Os métodos de irrigação mais usados em lavouras de cana-de-açúcar são a aspersão e a localizada, dando destaque para a irrigação por gotejamento

subsuperficial, que cada vez mais está sendo utilizada (Andrade Junior et al., 2017), devido à eficiência do uso da água e adaptabilidade da cultura. Souza et al. (2012) obtiveram produtividade de até 190 t ha⁻¹, utilizando o manejo de irrigação por gotejamento subterrâneo.

As altas produtividades e a qualidade tecnológica da cana-de-açúcar estão diretamente relacionadas com o manejo de irrigação e a quantidade de água aplicada, bem como cultivar e idade da lavoura, tipo de solo, clima e doses de adubos (Silva et al., 2014a). Além da disponibilidade de água, pragas e doenças também podem interferir no desenvolvimento e rendimento da cultura.

Os nematoides estão entre os principais fatores limitantes do potencial produtivo e longevidade do canavial. A alta taxa de multiplicação populacional, associada a um curto ciclo de vida dessas espécies de nematoides e ao longo ciclo da cultura, afeta negativamente a produtividade da cana-de-açúcar (Barros et al., 2005). O controle químico, é o método mais utilizado para o controle de nematoides em cana-de-açúcar (Dinardo-Miranda, 2018).

Prejuízos econômicos causados pelo carvão da cana-de-açúcar podem ser variáveis. Segundo Antoine (1961), os danos dependem de três fatores: tipo de infecção, época de infecção e reação varietal. Perdas de produtividade, podem ser devido à eliminação, redução no diâmetro e desenvolvimento dos colmos, perdas do teor de sacarose pelo aumento de fibra e menor extração de açúcar (Casagrande, 1998).

Neste trabalho, objetivou-se comparar déficits de irrigação aplicados via gotejamento subsuperficial em cinco cultivares de cana-de-açúcar, na quarta soca, bem como investigar a presença de nematoides e carvão (*Ustilago scitaminea*) e seus efeitos no rendimento e produção da cultura.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp. L.) é uma das culturas de grande importância para o Brasil, principalmente para o estado de São Paulo, maior produtor

do país. O interesse por essa cultura aumentou a nível global, devido a sua importância econômica e produção de energia sustentável (Natarajan et al., 2016).

Essa cultura pode ser fornecida in natura, na forma de forragem para alimentação animal, ou como matéria-prima para a fabricação de rapadura, melado, aguardente e principalmente açúcar e álcool combustível (Casarotto, 2017). Além disso, ela pode gerar subprodutos, dentre eles a palha ou palhiço, o bagaço, a vinhaça, água residuária e torta de filtro, que quando bem destinados, não se tornam um entrave (Bonassa et al., 2015).

A cana-de-açúcar é classificada como planta de metabolismo C_4 , possuindo elevada capacidade de armazenamento de sacarose nos colmos (Tejera et al., 2007). A sacarose é provida de duas importantes culturas, a cana-de-açúcar, que é responsável pela maioria da produção mundial de açúcar, cultivada nas regiões tropicais e subtropicais, e beterraba sacarina, cultivada em climas mais temperados, o açúcar é uma das principais fontes de energia de carboidratos do mundo (O'Hara e Mundree, 2016).

A cultura se adapta a locais com alta intensidade luminosa, altas temperaturas, e alta umidade do solo na fase de crescimento, sendo bastante exigente em água (Silva e Silva, 2012). Segato et al. (2006) apontam que a cultura da cana-de-açúcar necessita de temperaturas altas (30°C) na fase inicial, entre 25 e 30°C na fase de crescimento vegetativo, e média mensal, no mês mais frio, abaixo de 21°C .

Mas o desenvolvimento da cultura também depende de diversos outros fatores, como clima e solo, genética da planta e manejos da cultura, sendo cada vez procurado obter maior produtividade com menor custo (Dias et al., 1999). O máximo rendimento da cana-de-açúcar, é atingido quando a umidade do solo está apropriada ao crescimento vegetal da cultura, sendo o uso da irrigação indispensável para se ter aumento de produtividade (Silva et al., 2009).

2.2 A irrigação

A irrigação é a aplicação artificial de água no solo, com a finalidade de assegurar o suprimento hídrico da cultura, no decorrer do seu ciclo vegetativo (Vieira,

1986). O uso da irrigação é uma prática agrícola que visa aumento de produtividade das culturas, em locais onde as chuvas são irregulares (ANA, 2018).

A irrigação, além de aumentar a produtividade das culturas, permite ampliar o tempo de exploração da planta e o número de colheitas, principalmente culturas como a cana-de-açúcar (Dalri, 2004). Logo é necessário, que o agricultor opte por tecnologias e manejos que aumente a eficiência do uso da água, adequando as aplicações da irrigação com a real necessidade da cultura (Valentín et al., 2020).

A irrigação por gotejamento subsuperficial é o método de irrigação que apresenta melhor adaptação na cultura da cana-de-açúcar, pois possui melhor eficiência do uso da água (Silva et al., 2019). Dentre as vantagens desse sistema, estão a redução da evaporação da água, aplicação dos nutrientes diretamente na zona radicular, redução de plantas invasoras, não acúmulo de sais na superfície, dentre outras (Andrade Junior et al., 2012).

De acordo com Camp (1998), algumas desvantagens são apresentadas por esse sistema, tais como alto investimentos com a implantação do sistema, necessidade de mão de obra qualificada para o manejo, entupimento de gotejadores por intrusão radicular e/ou partículas de solo, vida útil do sistema, dentre outras.

2.3 Cultivares de cana-de-açúcar

A crescente produção de açúcar e etanol no Brasil, demandam por desenvolvimento de novas cultivares através do melhoramento genético, que melhor se adequa a determinadas condições edafoclimáticas. Cada cultivar de cana-de-açúcar expressa concentrações de enzimas e polifenóis diferentes, em consequência disso elas se diferem em relação as qualidades tecnológicas (Parazzi et al., 2018).

Associação de cultivares de cana-de-açúcar e uso de irrigação em estudos, possibilitam melhor entendimento do aumento de produtividade, definindo as cultivares que melhor se adaptam ao uso de irrigação (Santana, 2012). O estudo realizado por Landell et al. (2014) descreve as características agronômicas de diferentes cultivares de cana-de-açúcar, entre as quais destacam-se as utilizadas no presente estudo: CTC 4, IACSP 93-3046, RB 86-7515, IACSP 955000 e IAC 91-1099.

- CTC 4: Necessita de exigência média a alta em fertilidade do solo, possui ótima brotação de soqueiras, alto teor de sacarose, perfilhamento alto, diâmetro fino dos colmos, médio florescimento, destaque no plantio mecanizado, colheita no meio da safra e ótimo fechamento de entrelinha, além de ser tolerante à seca. Possui resistência a carvão, escaldadura, mosaico, ferrugem e tem intermediária resistência à broca.

- IACSP 93-3046: Possui o perfil de maturação para o meio e fim de safra. Grande estabilidade de TCH (tonelada de cana por hectare) nos diversos ambientes de produção, sendo a época de colheita de junho a outubro. Não floresce nas condições do Centro-Sul do Brasil e tem hábito de crescimento ereto. Possui boa capacidade de brotação em áreas de colheita crua e queimada. Indicada para ambiente médio a desfavorável. Resistente ao carvão, escaldadura e à ferrugem. Ótimos resultados em condições de déficit hídrico.

- RB 86-7515: Essa é uma cultivar lançada pela Universidade Federal de Viçosa, e surgiu do cruzamento da cultivar RB 72-454 com outra indefinida. Tem sido muito utilizada no oeste do Estado de São Paulo por possuir boa brotação (canaplanta), baixo perfilhamento, rápida velocidade de crescimento, porte alto, hábito de crescimento ereto, tombamento eventual e bom fechamento de entrelinhas. Sem restrição ao ambiente de produção, possui ainda boa despalha, alta densidade de colmo, tolerância a herbicidas, alta produção agrícola, alto teor de açúcar, eventual floração, maturação média, resistência média à seca e médio teor de fibra. Possui resistência ao carvão, escaldadura, ferrugem, mosaico, podridão abacaxi e ainda é classificada como intermediária para nematoides.

- IACSP 95-5000: Produção agrícola muito alta, indicada para ambientes favoráveis, porte muito ereto, ótima brotação de soqueira, apresentando bom perfilhamento e fechamento de entrelinhas, não apresenta tombamento e florescimento. Adaptada à colheita mecanizada com elevadíssimo teor de sacarose, com possibilidade de colheita de junho a novembro, apresenta resistência as principais doenças e ótimos resultados nas condições de deficiência hídrica.

- IAC 91-1099: Cultivar com boa adaptação para colheita mecânica crua, porte muito ereto, maturação médio-tardia, altíssima produtividade agrícola, indicada para ambientes médios a desfavoráveis, apresentando excelente soca com ótimo

perfilhamento e manutenção da produtividade em cortes avançados e ótimo fechamento de entrelinhas. Apresenta ótimos resultados em condições de déficit hídrico e boa capacidade de acumular sacarose ao longo da safra, tornando boa opção para corte entre o inverno e a primavera.

2.4 Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar

A qualidade tecnológica da cana de açúcar pode ser afetada por diversos fatores, dentre eles, condições ambientais, cultivares de cana-de-açúcar e o estágio de maturação. Sendo a maturação, diretamente relacionada à qualidade industrial da planta para processamento (Parazzi et al., 2018). Segundo Silva et al. (2008), o momento ideal para colheita depende da maturação da cana, podendo variar de maturação precoce, média e tardia.

O rendimento final da cultura pode ser influenciado pelos incrementos nos componentes estruturais da cana-de-açúcar (biomassa do colmo e sacarose), quando não se acumula biomassa na parte aérea, o acúmulo de biomassa nos colmos são mais intensificados, isso ocorre no período de maturação da cana (Silva et al., 2014b).

Segundo Oliveira (2013), o colmo é a estrutura morfológica da cana de mais importância para agroindústria, pois possui células que armazenam a sacarose da planta e tecidos fibrosos que dão sustentação ao colmo. A composição química da cana é baseada de 10 a 16% de fibra e 84 a 90% de caldo. O caldo é o líquido que se extrai a partir da moagem da cana, esse líquido é constituído de 75 a 82% de água e 18 a 25% de sólidos solúveis. Os sólidos solúveis são divididos em 15,5 a 24% de açúcares (14,5 a 24% de sacarose, 0,2 a 1% de glicose e 0 a 0,5% de frutose) e 1,2 a 2,5% de não açúcares (0,8 a 1,8% orgânicos e 0,2 a 0,7% de inorgânicos).

A qualidade tecnológica da cana é determinada através de análises tecnológicas de amostras coletadas no momento da entrega do material nas usinas, e essas análises são feitas de acordo com manual da CONSECANA (2006). A partir do caldo são realizadas as análises da matéria-prima para avaliação dos parâmetros de qualidade tecnológicos, que são: Brix, fibra da cana, Pol% caldo, pureza, açúcares totais recuperáveis (ATR) e Pol% cana.

Após a coleta das amostras, é extraído o caldo da cana e imediatamente é feita a pesagem do bagaço úmido e as leituras de brix e de pol. O peso do bagaço úmido é utilizado para cálculo de fibra da cana-de-açúcar, que é feito através da seguinte Equação 1:

$$F = [(100 \times PBS) - (PBU \times B)] \div [5 \times (100 - B)] \quad (1)$$

onde, PBS = peso do bagaço seco; PBU = peso do bagaço úmido; B = brix do caldo.

A determinação do brix, que é a porcentagem peso/peso dos sólidos solúveis contidos em uma solução pura de sacarose, é realizada em refratômetro digital, de leitura automática.

A determinação do pol do caldo, que é a porcentagem de sacarose aparente presente no caldo, é determinada em sacarímetro digital automático, é feita a leitura sacarimétrica obtida através da mistura clarificante do caldo à base de alumínio e após a leitura, o pol do caldo é calculado pela Equação 2:

$$S = (1,00621 \times LAI + 0,05117) \times (0,2605 - 0,0009882 \times B) \quad (2)$$

onde, LAI = leitura sacarimétrica obtida com a mistura clarificante à base de alumínio; B = brix do caldo.

A pureza aparente do caldo é definida como a porcentagem de pol em relação ao brix, e é calculada pela Equação 3:

$$Q = 100 \times S \div B \quad (3)$$

onde, S = pol do caldo; B = brix do caldo.

A pol da cana (PC) é a porcentagem de sacarose aparente presente na cana e é calculada pela Equação 4:

$$PC = S \times (1 - 0,001 \times F) \times C \quad (4)$$

onde, S = pol do caldo; F = fibra da cana; C = coeficiente “C”.

O açúcar total recuperável (ATR) é o indicador que representa a quantidade total de açúcares da cana (sacarose, glicose e frutose), é através do ATR que se calcula o preço pago ao produtor pela cana-de-açúcar e ele é calculado pela Equação 5 ou 6:

$$ATR = 10 \times PC \times 1,05263 \times 0,905 + 10 \times ARC \times 0,905 \quad (5)$$

ou

$$ATR = 9,5263 \times PC + 9,05 \times ARC \quad (6)$$

onde, 10 x PC = pol por tonelada de; 1,05263 = coeficiente estequiométrico para a conversão da sacarose em açúcares redutores; 0,905 = coeficiente de recuperação, para uma perda industrial de 9,5% (nove e meio por cento); 10 x ARC = açúcares redutores por tonelada de cana.

2.5 Danos e perdas causadas pelos nematoides e carvão da cana-de-açúcar

As doenças de plantas e fitonematoides são fatores limitantes para o rendimento da cultura e a qualidade do produto. Os prejuízos causados à cultura pelos nematoides são amplamente conhecidos, e na cana-de-açúcar os que mais prejudicam são os nematoides-de-galhas (*Meloidogyne incognita* e *M. javanica*) e os nematoides-das-lesões-radiculares (*Pratylenchus zeae* e *P. brachyurus*) (Moura e Oliveira, 2009).

A cana-de-açúcar tem seu vigor reduzido em áreas infestadas com nematoides, pois eles alteram o sistema radicular da planta, afetando a absorção e transporte de água e nutrientes (Silva et al., 2017). Noronha et al. (2017) apontam perdas de produtividade de 20 a 30%, no primeiro corte da cana-de-açúcar.

Com o ataque dos nematoides nas raízes, mesmo tendo umidade no solo, o déficit hídrico da planta é intensificado, logo as plantas fecham os estômatos para

evitar perdas drásticas, contudo restringe a entrada de CO₂ nas folhas, prejudicando a fotossíntese da planta (Quintela et al., 2015).

O controle químico, é o método mais utilizado para o controle de nematoides em cana-de-açúcar, devido o ciclo longo e o sistema de produção e o Carbossulfano o que têm apresentado resultados satisfatórios (Dinardo-Miranda, 2018).

Os prejuízos causados pelo carvão têm se mostrado variáveis, em função principalmente da cultivar utilizada. O carvão da cana-de-açúcar pode causar perdas de até 100% em variedades muito susceptíveis (AGROLINK, 2019).

O processo de infecção se inicia nas gemas apicais, onde o patógeno tem o acesso mais fácil, logo a morfologia das gemas é um fator importante para a resistência, quando a gema infectada germina o fungo modifica a sua morfologia, formando os chamados “chicotes” (Bueno, 2010). O carvão é uma doença que o seu período de latência pode variar de 2 a 7 meses, sendo diagnosticado através da presença dos “chicotes” (Tokeshi e Rago, 2005).

O agente causal dessa doença é o fungo *Ustilago scitaminea*, que parasita o tecido meristemático e penetra nos tecidos não diferenciados, na base das escamas das gemas e das folhas novas. As principais medidas de controle são a utilização de mudas sadias, a erradicação de plantas e colmos doentes e o uso de variedades resistentes (AGROLINK, 2019).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na Área Experimental de Irrigação da Universidade Estadual Paulista UNESP/FCAV, Câmpus de Jaboticabal, São Paulo, Brasil. As coordenadas geográficas do local são 21°14'50" S e 48°17'05" O, com altitude média de 570 m. O clima, segundo a classificação climática de Köppen (1948), é do tipo Aw, tropical, com inverno seco e verão chuvoso, com precipitação pluvial média de 1.425 mm por ano, com média de 255,2 mm para o mês mais chuvoso (dezembro) e de 25,3 mm para o mês mais seco (julho). A temperatura média anual é de 22,2 °C, a máxima média anual é de 28,9 °C e mínima de 16,8 °C.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho eutroférico, textura argilosa (190 g kg⁻¹ de areia, 600 g kg⁻¹ de argila, 210 g kg⁻¹ de silte) e massa específica 1,20 g cm⁻³ na camada de 20 a 40 cm. Na Tabela 1 estão apresentados os resultados da análise química do solo da área experimental nas camadas 0 – 20 e 20 – 40 cm, para as parcelas do tratamento não irrigado (sequeiro) e irrigado (deficitária e suplementar). As amostras de solo foram coletadas na direção da linha de plantio, entre as touceiras, antes de iniciar a quarta soca em julho de 2018.

Tabela 1 Atributos químicos do solo da área experimental, antes do início da quarta soca

TRATAMENTOS (profundidade - cm)	pH	MO	P resina	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	Al ³⁺	SB	CTC	V
	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	----- mmol _c dm ⁻³ -----				-----			%
Sequeiro (0-20)	4,2	24	12	1,8	13	6	58	7	20,8	79	26
Sequeiro (20-40)	4,3	24	9	1,5	12	5	52	8	18,5	71	36
Deficitária (0-20)	4,4	18	8	1,4	14	5	42	3	20,4	62	33
Deficitária (20-40)	5,8	25	52	0,6	40	15	21	0	55,6	77	72
Suplementar (0-20)	5,8	24	28	0,8	40	15	22	0	55,8	78	72
Suplementar (20-40)	5,9	25	30	0,9	38	15	24	0	53,9	78	69

pH em CaCl₂: pH determinado em solução centimolar de cloreto de cálcio; P resina: fósforo extraído do solo por resina trocadora de íons; MO: matéria orgânica; K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺: respectivamente potássio, cálcio, magnésio e alumínio trocáveis; H+Al = acidez potencial; SB: soma de bases (Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺); CTC: capacidade de troca de cátions (SB + (H+Al)); V: índice de saturação por bases (V = 100SB/CTC)

O plantio da cultura ocorreu em 14 de novembro de 2014, utilizando mudas pré-brotadas com espaçamentos de 0,5 m entre plantas e 1,5 m entre linhas. As cultivares de cana-de-açúcar utilizadas foram: A (CTC4), B (IACSP93-3046), C (RB86-7515), D (IACSP95-5000) e E (IAC91-1099). Neste trabalho estudou-se a quarta soca da cana-de-açúcar, após a colheita da terceira soca, no dia 03 de julho de 2018.

3.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em Blocos Incompletos Parcialmente Balanceados (BIPB). O experimento consistiu em três fatores de irrigação sendo a Irrigação Suplementar, a Irrigação Deficitária e o Sequeiro (não irrigado). Esses

fatores foram alocados nas parcelas e as cinco cultivares (CTC4, IACSP93-3046, RB86-7515, IACSP95-5000 e IAC91-1099) foram alocados nas subparcelas.

As parcelas experimentais foram compostas por quatro linhas de cana-de-açúcar com 4,5 metros de comprimento e com três ou duas parcelas por bloco, totalizando 12 blocos.

3.3 Condução do experimento e variáveis analisadas

O manejo da irrigação foi baseado em dados climáticos, obtidos diariamente da Estação Agroclimatológica Automatizada da FCAV/UNESP. A evapotranspiração de referência (ETo) foi estimada diariamente pela equação de Penman-Monteith (Allen et al., 1998). Neste experimento, a irrigação deficitária consistiu em suprir o déficit hídrico da cana-de-açúcar de modo parcial (50%), e a irrigação suplementar visando suprir totalmente a deficiência hídrica (100%), complementando a água das chuvas.

A irrigação foi realizada sempre que ocorreu um déficit hídrico acumulado da cultura de 20 mm. Na irrigação suplementar houve reposição total, com aplicação de uma lâmina de 20 mm, sendo a lâmina líquida aplicada igual a ΣETc , enquanto na deficitária houve aplicação de metade da lâmina, aplicando somente 10 mm, ou seja, lâmina líquida da deficitária igual a 50% da ΣETc . A cultura de sequeiro recebeu apenas água de precipitação.

A mangueira gotejadora utilizada no experimento foi da marca Durázio, com vazão nominal de $4,5 \text{ L m}^{-1} \text{ h}^{-1}$, espaçamento entre os emissores de 0,30 m e diâmetro do tubo de 16 mm. Durante o preparo da área, antes do plantio, os tubos emissores foram enterrados a 0,30 m de profundidade sob a linha de plantio.

A água, de origem subterrânea, é filtrada por um filtro de disco de 125 micra. O sistema de irrigação opera com pressão aproximada de 100kPa. Esta água ficou disposta em um reservatório com volume útil de $17,5 \text{ m}^3$, alocado no centro do experimento, onde a aplicação é realizada com a utilização de duas motobombas centrífugas de 1 c.v. cada, que eram acionadas por dois temporizadores digitais.

Após a colheita da quarta soca, foi realizado o teste de uniformidade, segundo a recomendação de Keller e Karmeli (1975), sendo avaliado 4 linhas, sendo a primeira linha, as localizadas a 1/3, a 2/3 do início da parcela e a última. Foram avaliados em

cada linha 4 gotejadores, sendo, o primeiro e os localizados a 1/3, a 2/3 do início da linha de derivação e o último, totalizando 16 gotejadores. Foi coletada a água dos gotejadores durante 3 minutos, posteriormente foi medido a quantidade de água acumulada, convertendo-a para $L\ h^{-1}$. Após a coleta dos dados em campo, os mesmos foram devidamente calculados obtendo os valores do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen – CUC (Equação 7) e o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição – CUD (Equação 8).

- Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) (%):

$$CUC = 100 \times \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^N |Q_i - Q|}{N \times Q} \right) \quad (7)$$

onde, N: número de observações; Q_i = vazão de cada gotejador observado ($L\ h^{-1}$); Q = vazão média dos gotejadores observados ($L\ h^{-1}$).

- Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) (%):

$$CUD = 100 \times \frac{Q_{25\%}}{Q} \quad (8)$$

onde, Q = vazão média dos gotejadores observados ($L\ h^{-1}$); $Q_{25\%}$ = média de 25% dos menores valores de vazões observadas ($L\ h^{-1}$).

Foi realizada a aplicação de Trifluralina (Trifluralina Nortox®) para o controle de intrusão radicular nos gotejadores, com dose de 0,05 ml emissor⁻¹, perfazendo um total de 105 ml por cada regime de irrigação. Foram feitas duas aplicações, uma em agosto de 2018 (50 dias após o corte - DAC) e outra em março de 2019 (260 DAC).

Após a colheita da terceira soca, aplicou-se na área experimental o equivalente a 1,0 t ha^{-1} de calcário. Durante a quarta soca, foram aplicados em cada tratamento o equivalente a 180 kg ha^{-1} de N, 240 kg ha^{-1} de K_2O , 90 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 45 kg ha^{-1} de S; nas seguintes fontes: 52,5 kg de nitrato de potássio; 13,9 kg de fosfato

monoamônio; 38,5 de sulfato de magnésio; 48,6 kg de nitrato de cálcio; 13,1 kg nitrato de magnésio.

Nas plantas irrigadas, as aplicações dos fertilizantes foram realizadas via água de irrigação, ou seja, por fertirrigação. A fertirrigação foi parcelada em oito vezes, ou seja, foram aplicados 12,5% da recomendação em intervalos mensais, do segundo ao nono mês. A primeira fertirrigação ocorreu no mês de setembro de 2018, e a última aplicação ocorreu no mês de abril de 2019. Já no tratamento não irrigado a aplicação dos fertilizantes foi realizada manualmente, em duas doses, uma em setembro e outra em novembro.

A adubação com os micronutrientes, Zn e B, foi realizada nas doses de 3,0 kg ha⁻¹, na forma de sulfato de zinco, e 1,0 kg ha⁻¹, na forma de ácido bórico. As plantas irrigadas receberam os micronutrientes via fertirrigação, parcelados em três doses, juntamente com as aplicações de macronutrientes, e no tratamento não irrigado as aplicações foram realizadas via pulverizador costal.

Na fertirrigação foram feitas as seguintes misturas de fertilizantes: nitrato de potássio, fosfato monoamônio, sulfato de magnésio e nitrato de magnésio, depois misturou-se o sulfato de zinco e o ácido bórico, e o nitrato de cálcio foi aplicado separadamente. Todas as recomendações de adubação foram de acordo com Vitti e Mazza, (2002).

Foi aplicado também a dose de 300 ml de solução de silicato de potássio para cada tratamento. Nos tratamentos com irrigação foi feita aplicação via irrigação e, no sequeiro, com pulverizador costal.

O controle de plantas daninhas dentro do experimento foi realizado com uma aplicação de Amicarbazona (Dinamic®), herbicida seletivo para cana-de-açúcar, e duas capinas manuais, durante todo o ciclo. Para controle das plantas daninhas no entorno da área experimental foram utilizadas a roçadora e aplicação de Glifosato (Roundup®).

Em novembro de 2018 foram aplicados o *Metarhizium* e o *Bacillus* spp., no controle biológico de cigarrinha e lagarta do cartucho, respectivamente. O controle de carvão da cana-de-açúcar foi realizado em outubro de 2018 e em novembro de 2018, com a erradicação das plantas doentes na área.

Após 90 dias da terceira soca, foram coletadas amostras de solo e raízes de cada parcela, para avaliação da população de nematoides contida na mesma. O solo foi separado das raízes e homogeneizado para a retirada de 100 cm³, utilizados para a extração dos nematoides pelo método de Jenkins (1964). Para as raízes (10 g) a técnica utilizada foi a metodologia de Coolen e D'Herde (1972).

A estimativa das populações de nematoides foi efetuada com auxílio de lâmina de Peters sob microscópio de luz e identificadas as espécies. Em seguida, foram preparadas lâminas temporárias contendo espécimes adultos de fêmeas e/ou machos e comparadas as características morfológicas com a descrição e identificação das espécies.

Após 10 dias da primeira avaliação foi aplicado o nematicida Carbossulfano 700 EC Marshal® Star, dose de 4L ha⁻¹ e volume de calda de 100 L ha⁻¹, via fertirrigação na irrigação deficitária e suplementar e via pulverizador costal no sequeiro. Uma segunda avaliação foi realizada após a colheita da quarta soca, a fim de determinar a população dos nematoides depois da aplicação do nematicida.

Foi realizado duas contagens de gemas infectadas pelo carvão da cana-de-açúcar (*Ustilago scitaminea*), uma em outubro de 2018 e outra em novembro de 2018. Após a contagem, os perfilhos infectados pela doença foram arrancados e erradicados da área, a fim de diminuir o inóculo.

Na colheita, em julho de 2019, foi feita a separação de oito colmos, aleatoriamente, de cada parcela, para realizar análises tecnológicas relevantes para a qualidade industrial da cana-de-açúcar, sendo elas: sólidos solúveis totais (°Brix), teor de fibra (%), quantidade de sacarose do colmo (PC) e no caldo (POL) em %, pureza (%) e açúcares totais recuperáveis (ATR) em kg Mg⁻¹, as análises foram feitas de acordo com o método da CONSECANA (2006). O material foi enviado para a usina para que a mesma realizasse as análises tecnológicas.

Na avaliação do rendimento da cultura, foram colhidos quatro metros de plantio de cana de cada unidade experimental e pesados em balança eletrônica, para estimar a produtividade em t ha⁻¹ e também foram contados os números de colmos contidos nesses quatro metros.

3.4 Precipitação, evapotranspiração e irrigação durante o experimento

Na Figura 1 são apresentadas as lâminas de chuva e de irrigações ocorridas durante o período experimental e a evapotranspiração da cultura. A chuva total ocorrida no período entre 03/07/2018 a 03/07/2019 foi de 1.339,5 mm. A precipitação média anual de Jaboticabal é de 1425 mm, logo observou-se que a precipitação nesse período ficou próxima da média.

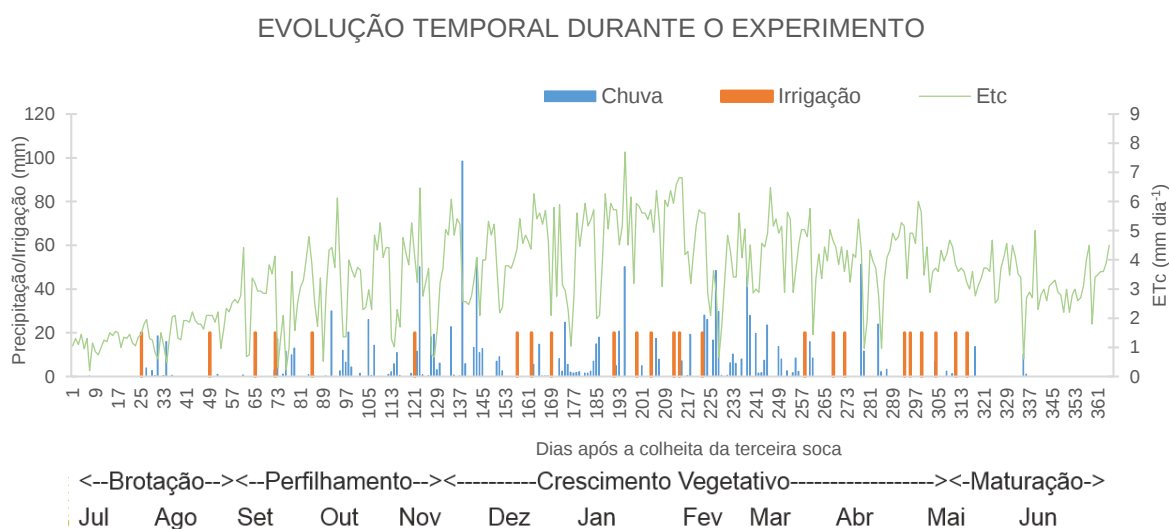


Figura 1 Valores observados de precipitação e evapotranspiração diária da cultura no período experimental e lâminas de irrigação aplicadas

Foram realizadas 24 irrigações no experimento e a lâmina total de água aplicada foi de 480 mm para o tratamento suplementar e 240 mm para o deficitário. O valor máximo estimado da evapotranspiração da cultura foi de 7,7 mm, que ocorreu aos 195 DAC e o valor médio, ao longo do ano, foi de 3,4 mm.

3.5 Análise estatística

Foi realizada a análise de variância, a 5% de probabilidade e quando significativo para os efeitos simples e interação, foi realizada a comparação de médias pelo teste t, a 5% de probabilidade, através do programa estatístico SAS® versão 9.3.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após cinco anos de cultivo da cana-de-açúcar, o sistema de irrigação apresentou os seguintes valores de coeficientes: O Coeficiente de Uniformidade de Christiansen – CUC do regime suplementar foi de 80,9% e Coeficiente de Uniformidade de Distribuição – CUD foi de 63,3%. No regime deficitário o CUC foi 83,6% e o CUD foi 76,6%.

De acordo com a classificação de Mantovani (2002), para o CUC do regime suplementar e do deficitário são classificados bom, encontrando-se entre 80-90%. Já para o CUD, segundo a classificação de Merriam e Keller (1978), o regime suplementar foi classificado em ruim, encontrando-se menor que 70% e o regime deficitário foi classificado regular, encontrando-se entre 70-80%.

Vários fatores podem ter ocasionado essa queda na uniformidade do sistema, dentre eles entupimento dos emissores, por intrusão radicular ou partículas de impurezas, limpeza da mangueira e dos filtros ao longo dos ciclos de cultivo da cana, limpeza dos reservatórios, qualidade da água utilizada e pressão inadequada do sistema de irrigação.

4.1 Variáveis de contagem de nematoides e carvão da cana-de-açúcar

Na primeira coleta de amostras para contagem de nematoides (Figura 2 A), o regime hídrico não interferiu no somatório do número de nematoides presentes no solo e nas raízes. Apenas as cultivares, no regime suplementar, que diferiram estatisticamente. As cultivares IACSP93-3046 e RB86-7515 apresentaram maior número de nematoides, 6594 e 6022 nematoides, respectivamente. Entretanto a cultivar IACSP95-5000, que apresentou menor número, 3086 nematoides.

Na segunda coleta (Figura 2 B), o regime hídrico interferiu no somatório do número de nematoides, em que o tratamento sequeiro, apresentou menor número em relação ao suplementar e deficitário, para todas as cultivares. No regime suplementar, as cultivares não diferiram estatisticamente. No regime deficitário, a cultivar IAC91-1099, apresentou maior número de nematoides (4523 nematoides), em relação as cultivares CTC4 e IACSP95-5000, 3067 e 3185 nematoides, respectivamente. Já no

sequeiro, a cultivar IAC91-1099, foi a que apresentou menor número de nematoides, 484 nematoides, diferindo da cultivar IACSP93-3046, que apresentou 1129 nematoides.

Observa-se uma redução do número de nematoides, após a aplicação do nematicida, sendo mais eficiente o controle no regime sequeiro. Isso ocorreu provavelmente devido a forma de aplicação do produto. No sequeiro a aplicação foi via pulverizador costal e nos tratamentos irrigados foi via fertirrigação. No sistema irrigado pode ter ocorrido uma lavagem do produto, afetando assim na eficiência do mesmo.

De acordo com Dinardo-Miranda (2014), no Brasil, as espécies de nematoides mais importantes para a cana-de-açúcar são *Meloidogyne javanica*, *Meloidogyne incognita*, *Pratylenchus zeae* e *Pratylenchus brachyurus*, sendo o *P. zeae* o mais comum entre as quatro espécies citadas, entretanto nem sempre é o que causa mais danos à cultura e *M. incognita* é o menos comum em canaviais, mas geralmente é o mais patogênico.

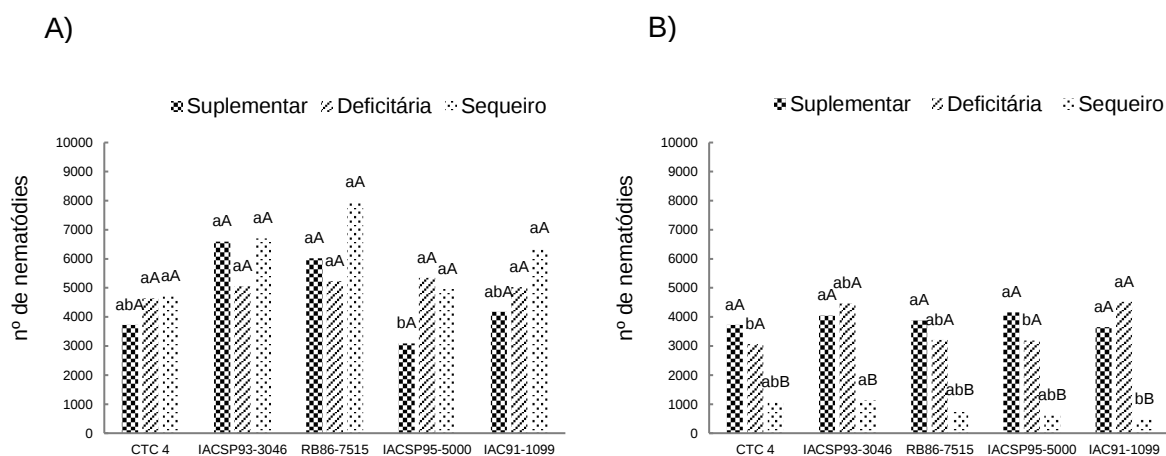


Figura 2 Somatório do número de nematoides presentes no solo e nas raízes de cinco cultivares de cana-de-açúcar na quarta soca, sob déficits de irrigação subsuperficial; coleta realizada em outubro de 2018 (A) e coleta realizada em julho de 2019 (B) - Jaboticabal, 2019

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula se refere aos regimes de irrigação e minúscula às cultivares, não diferindo estatisticamente entre si, pelo teste de t.

Tanto na primeira coleta de carvão (Figura 3 A), quanto na segunda coleta (Figura 3 B) o regime hídrico interferiu apenas para a cultivar IACSP93-3046, sendo o

regime suplementar superior ao deficitário, e o deficitário também superior ao sequeiro. E a cultivar IACSP93-3046, no regime suplementar e no regime deficitário, foi superior as demais cultivares, nas duas coletas. Essa cultivar teve menor tolerância à essa doença fúngica, nessas condições. A ocorrência de carvão foi maior no suplementar, provavelmente, devido à ao número de brotações presente no tratamento, em relação aos outros tratamentos.

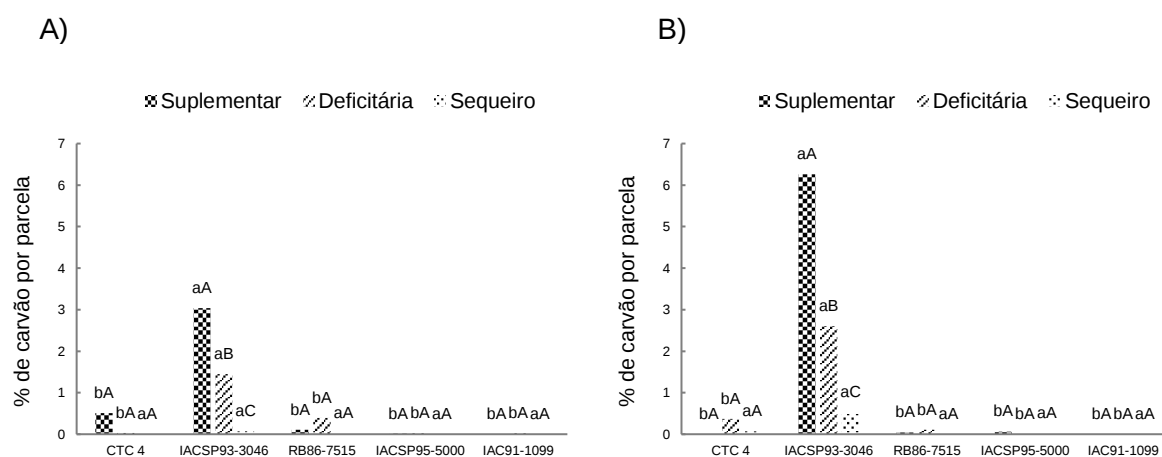


Figura 3 Percentual médio de carvão presente em cada parcela de cinco cultivares de cana-de-açúcar na quarta soca, sob déficits de irrigação subsuperficial; coleta realizada em outubro de 2018 (A), coleta realizada em novembro de 2018 (B) - Jaboticabal, 2019

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula se refere aos regimes de irrigação e minúscula às cultivares, não diferindo estatisticamente entre si, pelo teste de t

4.2 Variáveis de qualidade tecnológica

As cultivares no regime suplementar e sequeiro não diferiram em relação aos sólidos solúveis totais (Figura 4 A), apresentando valores entre 20 e 21,6 °Brix. Já no regime deficitário a cultivar RB86-7515 foi superior as cultivares IACSP93-3046, IACSP95-5000 e IAC91-1099, com 20,9° Brix. O regime hídrico interferiu para as cultivares IACSP93-3046, IACSP95-5000 e IAC91-1099, onde o sequeiro foi superior ao regime deficitário.

Na variável quantidade de sacarose no caldo (Figura 4 B), o regime hídrico suplementar não apresentou diferença entre as cultivares. No sequeiro a cultivar RB86-7515 em relação a CTC4 apresentou menor média, com 17,6% e no deficitário

foi ao contrário, a cultivar RB86-7515 apresentou a maior média, com 18,9%, sendo superior a IACSP93-3046, IACSP95-5000 e IAC91-1099. Para as cultivares CTC4 e RB86-7515, o regime hídrico não interferiu na sacarose do caldo, já para as cultivares IACSP93-3046, IACSP95-5000 e IAC91-1099 o tratamento não irrigado foi superior ao regime deficitário, com 18,9%, 19,2% e 18,7%, respectivamente.

Em relação ao teor de fibra (Figura 4 C), no tratamento não irrigado, as cultivares RB86-7515 e IACSP95-5000 apresentaram menor teor de fibra, com 11,5% e 11,6% respectivamente, em relação a CTC4, que apresentou o maior valor com 12,3 % de fibra. Já no regime deficitário a cultivar RB86-7515 apresentou maior teor de fibra, com 11,4%, em relação as cultivares IACSP93-3046, e IAC91-1099, com 10,7% de fibra. No regime suplementar as cultivares CTC4, IACSP93-3046 e RB86-7515, apresentaram 11,4% de teor de fibra, em relação a cultivar IACSP95-5000, que ficou com 10,7% de teor de fibra. Para as cultivares CTC4, IACSP95-5000 e IAC91-1099, o tratamento sem irrigação apresentou maiores médias de teores de fibra, já para a IACSP93-3046 além do tratamento sem irrigação, o regime suplementar apresentou maiores médias em relação ao tratamento deficitário e a cultivar RB86-7515 não diferiu dentro dos regimes de irrigação.

Na análise de quantidade de sacarose do colmo (PC) (Figura 4 D), do tratamento não irrigado e do regime suplementar, as cultivares não diferiram entre si. No deficitário, a cultivar CTC4 e RB86-7515, apresentaram maior percentagem de PC, com 16,2% e 16,1%, sendo superiores a IACSP95-5000 e IAC91-1099, com apenas 14,5% em ambas. Para as cultivares IACSP95-5000 e IAC91-1099, o regime hídrico interferiu no percentual de PC, e o tratamento sem irrigação, foi maior que o regime deficitário.

Na variável pureza (Figura 4 E), o regime hídrico não afetou nessa qualidade tecnológica, nem as cultivares diferiram dentro do regime suplementar. Já no regime deficitário a cultivar CTC4 foi superior a IACSP95-5000, com 90,5% de pureza, contra 87,1%, e no sequeiro a CTC4 foi superior a RB86-7515, com 91,6%, versus 88%.

A análise da variável açúcar total recuperável (ATR), apresentou diferenças estatísticas significativas para os regimes hídricos dentro das cultivares IACSP95-5000 e IAC91-1099, destacando, respectivamente para cada cultivar, com 162,2 kg t⁻¹ e 158,9 kg t⁻¹, no regime sequeiro, sendo maior do que no deficitário, com 144,8 kg

t⁻¹, para ambas (Figura 4 F). O único regime que apresentou diferença entre as cultivares foi o regime deficitário, onde a cultivar CTC4 e RB86-7515, foram superiores, com 160,4 kg t⁻¹ e 160,0 kg t⁻¹, respectivamente, às cultivares IACSP95-5000 e IAC91-1099, com 144,8 kg t⁻¹, em ambas.

Em estudos realizados por Härter et al. (2016), foi relatado valor de ATR da cultivar RB86-7515 de 156,6 kg t⁻¹, na quinta soca, sem irrigação. Comparando-se com esta pesquisa, a cultivar apresentou valor abaixo no tratamento sem irrigação, contudo os tratamentos irrigados deste trabalho resultaram em valores maiores, principalmente no regime suplementar, com 164,0 kg t⁻¹. Quanto maior o valor melhor é para o produtor, pois é através desse valor que as usinas pagam pelo produto aos produtores, de acordo com a metodologia da CONSECANA (2006).

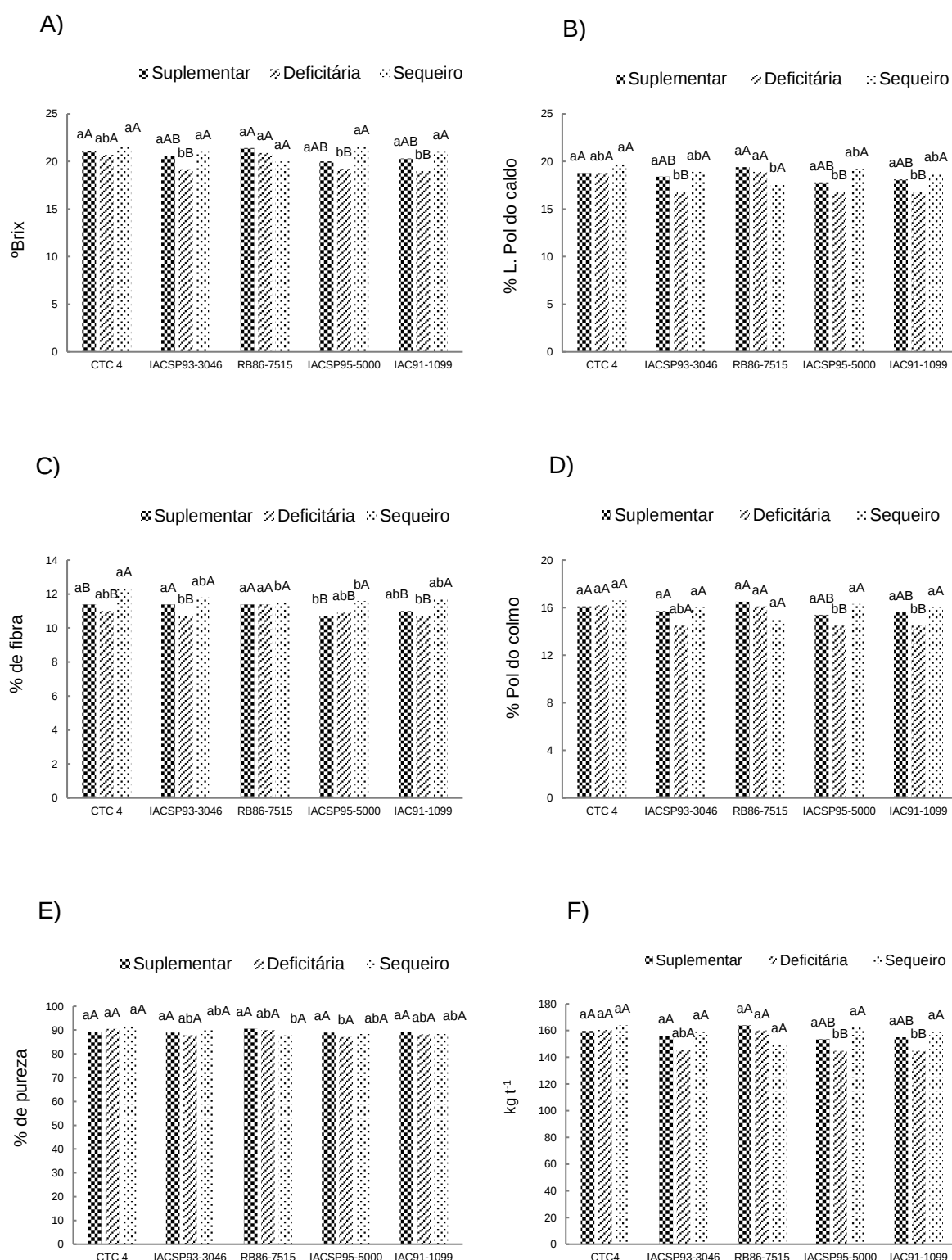


Figura 4 Sólidos solúveis totais (4 A), quantidade de sacarose no caldo (4 B), teor de fibra da cana-de-açúcar (4 C), quantidade de sacarose do colmo (4 D), percentual médio de pureza dos tratamentos (4 E) e Açúcar Total Recuperável (4 F) de cinco cultivares de cana-de-açúcar na quarta soca, sob déficits de irrigação subsuperficial - Jaboticabal, 2019

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula se refere aos regimes de irrigação e minúscula às cultivares, não diferindo estatisticamente entre si, pelo teste de t.

Em todos os resultados de qualidade, as médias ficaram dentro dos padrões estabelecidos, menos para a análise de ATR e fibra que alguns tratamentos ficaram abaixo do recomendado (Ripoli e Ripoli, 2004).

4.3 Variáveis de produtividade e números de colmos por metro

Observou-se que no regime suplementar, a cultivar CTC4 diferiu estatisticamente das demais cultivares, obtendo-se maior produtividade, com 162,5 t ha⁻¹ (Figura 5 A). Já no regime deficitário, as cultivares não diferiram entre si e no tratamento sem irrigação, as cultivares CTC4, IACSP95-5000 e IAC91-1099 demonstraram maior produtividade, com 86,2 t ha⁻¹, 89,4 t ha⁻¹ e 93,4 t ha⁻¹, respectivamente, do que a IACSP93-3046, com 57,4 t ha⁻¹. A produtividade da IACSP93-3046 foi prejudicada devido ao ataque de nematoides e carvão e também pelo fato de principalmente em condições de déficit hídrico, o sistema radicular das socas se localizar mais superficialmente (Casagrande, 1991).

Apenas a cultivar IAC91-1099 não apresentou diferenças estatísticas significativas em relação aos regimes hídricos, ou seja, a água não foi fator determinante para o aumento produtivo da cultivar. Já para as cultivares CTC4, RB86-7515 e IACSP95-5000, a água foi um fator determinante, em que o regime suplementar resultou em maiores produtividades em relação ao sequeiro e para IACSP93-3046, além do suplementar, o regime deficitário também resultou em maiores produtividades, observando-se um aumento de quase o dobro em relação ao sequeiro (suplementar: 109,5 t ha⁻¹, deficitária: 104,5 t ha⁻¹ e sequeiro: 57,4 t ha⁻¹).

Em relação ao número de colmos (Figura 5 B), as cultivares RB86-7515, IACSP95-5000 e IAC91-1099 não apresentaram diferenças estatísticas significativas em relação aos regimes hídricos. Já para as cultivares CTC4 e IACSP93-3046 a água foi um fator limitante, pois o sequeiro apresentou menor número de colmos, com 12,9 colmos m⁻¹ e 8,9 colmos m⁻¹, respectivamente.

Em todos os regimes a cultivar CTC4 foi a que mais apresentou colmos por metro, sendo no suplementar 21,0 colmos metro⁻¹, deficitário 16,6 colmos metro⁻¹ e sequeiro 12,9 colmos metro⁻¹. Apenas a cultivar IAC91-1099, no sequeiro, se igualou a CTC4, com 12,5 colmos metro⁻¹.

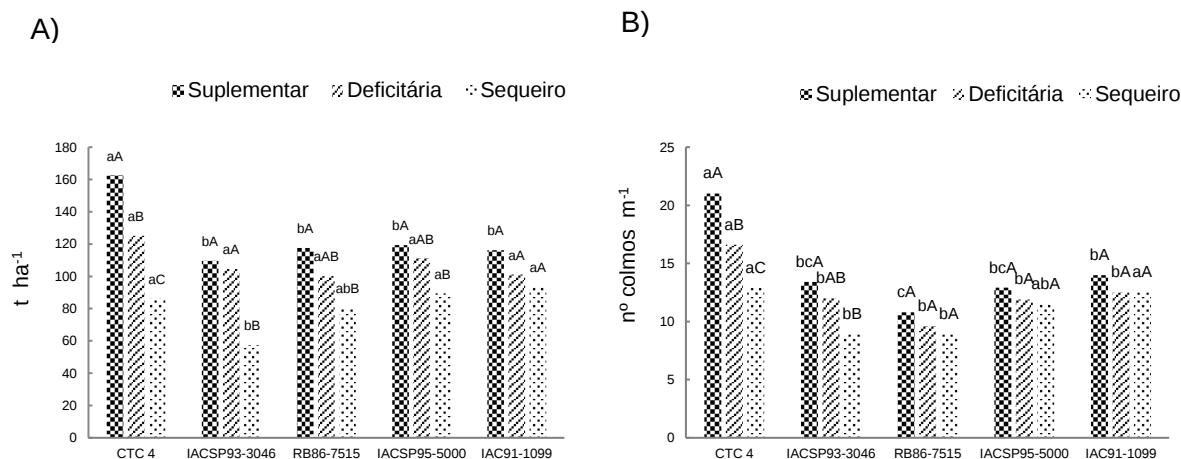


Figura 5 Produtividade (5 A) e número de colmos por metro (5 B) de cinco cultivares de cana-de-açúcar na quarta soca, sob déficits de irrigação subsuperficial - Jaboticabal, 2019

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula se refere aos regimes de irrigação e minúscula às cultivares, não diferindo estatisticamente entre si, pelo teste de t

Valores abaixo aos deste trabalho, na cultivar RB86-7515, foram encontrados por Arlanch et al. (2018), que relataram acréscimo de apenas 14,9 t ha⁻¹ para tratamento irrigado por gotejo em relação ao sequeiro. Mas para a cultivar CTC6, Arlanch et al. (2018), relataram acréscimo de 58,1 t ha⁻¹, em relação ao sequeiro.

Estudos com a utilização de pivô central, na Paraíba, utilizando a cultivar SP79-1011, cana planta, cultivada em solos Argissolo, demonstraram um acréscimo de apenas 25 t ha⁻¹ no sistema irrigado em relação ao sequeiro, a máxima produção encontrada foi na maior lâmina utilizada, sendo 93,5 t ha⁻¹ (Carvalho et al., 2009). Logo, observa-se que no presente trabalho utilizando irrigação subsuperficial, obteve-se maiores produtividades comparado às de Carvalho et al. (2009).

De acordo com o trabalho de Gava et al. (2011), a média de produtividade de colmos dos três genótipos estudados foi de 132,2 t ha⁻¹ para os tratamentos irrigados por gotejamento e de 106,5 t ha⁻¹ para o tratamento sem irrigação, no primeiro corte/cana-planta (2006/2007); no segundo corte (cana-soca), a média de

produtividade foi de 126,2 e 90,8 t ha⁻¹, para os tratamentos irrigados e o tratamento sem irrigação, respectivamente. Este estudo foi conduzido em Jaú SP, em Argissolo eutrófico, utilizando irrigação subsuperficial. Esses valores foram inferiores aos da área experimental de estudo, pois no segundo corte, primeira soca, Coelho et al. (2018), obteve uma produtividade média das cultivares de 144,0 t ha⁻¹ no tratamento irrigado e 116,8 t ha⁻¹ no tratamento sem irrigação. Na segunda soca, Fischer Filho (2018), obteve uma produtividade média das cultivares de 137,7 t ha⁻¹ no tratamento irrigado e 109,2 t ha⁻¹ no tratamento sem irrigação, e na terceira soca, Silva (2019), conseguiu uma produtividade média das cultivares de 103,8 t ha⁻¹ no tratamento irrigado e 81,6 t ha⁻¹ no tratamento sem irrigação.

Valores superiores foram encontrados por Pires et al. (2018), em Goiás, utilizando a cultivar RB85-5453 cultivada em Latossolo Vermelho distroférrico, com irrigação subsuperficial, sendo a máxima produtividade de colmos alcançada na lâmina de 100%, com valor estimado 40% superior ao tratamento não irrigado, que foi de 178 t ha⁻¹, para cana-planta.

5 CONCLUSÃO

A irrigação por gotejamento subsuperficial neste trabalho proporcionou ganhos em média de 45 t ha⁻¹, em relação ao sequeiro. A cultivar que se destacou foi a CTC4, no regime suplementar, com 21 colmos por metro e ganhos de 75 t ha⁻¹ a mais que o tratamento não irrigado.

Considerando os danos causados pelos nematoides variarem em função das espécies ocorrentes, da população de cada uma delas, do tipo de solo, da variedade de cana e de muitos outros fatores, pôde-se observar nesse trabalho uma menor produtividade e maior população de nematoides, antes da aplicação do nematicida. As cultivares IACSP93-3046 e RB86-7515 apresentaram maior incidência de carvão.

As características tecnológicas não foram influenciadas significativamente pelos manejos de irrigação, nem pelas as cultivares. De maneira geral, o sequeiro apresentou melhor qualidade tecnológica, com exceção nos tratamentos da cultivar RB86-7515. Provavelmente isso ocorreu devido ao tombamento dos colmos

observado na área, em que os tratamentos irrigados apresentaram um crescimento acelerado no início e alto perfilhamento, favorecendo o tombamento das touceiras.

6 REFERÊNCIAS

AGROLINK (2019) Carvão (*Ustilago scitaminea*). O Portal do Conteúdo Agropecuário. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/problemas/carvao_1729.html Acesso em: 15 de janeiro de 2020.

Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M (1998) Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. In: FAO Irrigation Drainage Paper No. 56. FAO, Rome.

ANA - Agência Nacional de Águas (2017) Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada. Brasília: Distrito Federal, 86 p.

ANA - Agência Nacional de Águas (2018) Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil. Brasília: ANA, 72 p.

Andrade Junior AS, Bastos EA, Ribeiro VQ, Athayde Sobrinho C, Silva PHS (2017) Stalk yield of sugarcane cultivars under different water regimes by subsurface drip irrigation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 21(3): 169-174.

Andrade Júnior AS, Bastos EA, Ribeiro VQ, Duarte JAL, Braga DL, Noletto DH (2012) Níveis de água, nitrogênio e potássio por gotejamento subsuperficial em cana de açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 47(1): 76-84.

Antoine R S. (1961) In: Martin JP, Abbott, EV, Hughes CG. (Ed.) Sugarcane diseases of the world. **Amsterdam: Elsevier**, 1: 326-353.

Arlanch AB, Gava GJC, Kölln OT, Dellabiglia WJ, Scarpore FV, Pires RCM (2018) Índices fisiológicos e a produtividade de genótipos de cana-de-açúcar nos manejos de sequeiro e irrigado por gotejamento. **Irriga**, 1(1): 112-124.

Barros ACB, Moura RM, Pedrosa EMR (2005) Estudo de interação variedade-nematicida em cana-de-açúcar em solo naturalmente infestado por *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* e *Pratylenchus zeae*. **Nematologia Brasileira**, 29(1): 39-46.

Bonassa G, Schneider LT, Frigo KDA, Feiden A, Teleken J G, Frigo EP (2015) Subprodutos Gerados na Produção de Bioetanol: Bagaço, Torta de Filtro, água de Lavagem e Palhagem. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, 4: 144- 166.

Bueno CRNC (2010) **Infecção por *Sporisorium scitamineum* em cana-de-açúcar: influência de variáveis ambientais e desenvolvimento de métodos para diagnose precoce**. 68 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

Camp CR (1998) Subsurface drip irrigation: a review. **Transactions of ASAE**, St. Joseph, 41(5): 1353-1376.

Carvalho CM, Azevedo HM, Dantas Neto J, Farias CHA, Silva CTS, Gomes Filho RR (2009) Rendimento de açúcar e álcool da cana-de-açúcar submetida a diferentes níveis de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 4(1): 72-77.

Casagrande AA (1991) Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar. Jaboticabal, FUNEP, 157 p.

Casagrande MV (1998) **Avaliação da incidência da doença e estimativa de danos ocasionados pelo carvão (*Ustilago scitaminea* Sydow) em variedades de cana-de-açúcar**. 86 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

Casarotto SAV (2017) **Crescimento, morfologia e produtividade de variedades de cana-de-açúcar irrigadas em diferentes épocas**. 57 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Universidade Federal de Mato Grosso.

Coelho AP, Dalri AB, Faria RT, Landell EPA, Palaretti LF, Zanini JR, Zerbato, C (2018) Productivity and technological quality of sugarcane cultivars fertigated and planted through pre-sprouted seedlings. **Australian Journal of Crop Science**, 12(8): 1265-1271.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento (2019) Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar: Segundo levantamento, agosto 2019. Brasília: Safra 2019/20, 6(2):62.

CONSECANA (2006). Manual de instruções, fifth ed. CONSECANA, Piracicaba.

Coolen WA, D'Herde CJ (1972) A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue. Agricultural Research Administration, 77 p.

Dalri AB (2004) **Avaliação da produtividade da cana-de-açúcar irrigada por gotejamento subsuperficial nos três primeiros ciclos**. 89 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Irrigação e Drenagem) – Unesp, Botucatu.

Dias FLF, Mazza JA, Matsuoka S, Perecin D, Maule RF (1999) Produtividade da cana-de-açúcar em relação a clima e solos da região noroeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 23:627-634.

Dinardo-Miranda LL (2014) Nematoides e pragas da cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agrônomo, 2 ed., 444 p.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations (2017) Information System on Water and Agriculture – AQUASTAT. Disponível em: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm>. Acesso em: 05 de novembro de 2019

Fischer Filho, JA (2018) **Resposta de cultivares de cana-de-açúcar a lâminas de irrigação via gotejamento subsuperficial**. 100 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) Curso de Agronomia da UNESP-FCAV.

Gava GJC, Silva MA, Silva RC, Jeronimo EM, Cruz JCS, Kölln OT (2011) Produtividade de três cultivares de cana-de-açúcar sob manejos de sequeiro e irrigado por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 15(3): 250–255.

Härter A, Antunes WR, Campos ADS, Lemoes LS, Mascarenhas LS, Silva DAS (2016) Desempenho agrônomo de variedades de cana-de-açúcar avaliadas em quinta soca. **Ciência & Tecnologia**, 8: 263-267.

Jenkins WR (1964) A rapid centrifugal flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, 48(1): 692.

Keller J, Karmeli D (1975) Trickle irrigation design. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 133 p.

Köppen W (1948) *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. Fondo de Cultura Econômica. México.

Landell MGA, Xavier MA, Garcia GC, Prado H, Azania CAM, Scarpari MS, Dinardo-Miranda LL, Anjos IA, Silva MN, Bidóia MAP, Brancalião SR, Rosseto R, Vitti AC (2014) **Cana-de-açúcar**. In: Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. AGUIAR, A. T. E. et al. (Eds.). Ed 7., Campinas, Instituto Agrônomo, p.106-113. (Boletim IAC, 200).

Mantovani EC (2002) *AVALIA: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada*. Viçosa, MG: UFV.

Merriam JL, Keller J. (1978) *Farm irrigation system evaluation: a guide for management*. Logan: Utah State University, 271 p.

Moura RM, Oliveira IS (2009) Controle populacional de *Pratylenchus zeae* em cana-de-açúcar em dois ambientes edáficos no nordeste do Brasil. **Nematologia Brasileira**, 33: 67-73.

Natarajan R, Subramanian J, Papageorgiou EI (2016) Hybrid learning of fuzzy cognitive maps for sugarcane yield classification. **Computers and Electronics in Agriculture**, 127: 147–157.

Noronha MA, Muniz MFS, Cruz MM, Assunção MC, Cunha e Castro JM, Oliveira ERL, Miranda C GS, Machado ACZ (2017) *Meloidogyne* and *Pratylenchus* species in sugarcane fields in the state of Alagoas, Brazil. **Ciência Rural**, 47(2): 1-3.

O'Hara IM, Mundree, SG (2016) *Sugarcane-based biofuels and bioproducts*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 379 p.

Oliveira ER (2013) *Procedimentos e normas para o acompanhamento de análise da qualidade da cana-de-açúcar*. ORPLANA, Organização de plantadores de cana-de-açúcar da região centro-sul do Brasil, 89p.

Parazzi C, Ortigosa LM, Medeiros SDS, Verruma-Bernardi MR (2018) Estudo da qualidade físico-química, tecnológica e sensorial de caldos de cana-de-açúcar para consumo. **Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente**, 8(1): 3-10.

Pires WM, Teixeira MB, Soares FAL, Ribeiro WA, Lopes Filho LC (2018) Cultivo da cana-de-açúcar sob diferentes níveis de reposição hídrica, com e sem adição de nitrogênio. **Científic@ Multidisciplinary Journal**, 5(3): 56 – 87.

Quintela MP, Pedrosa EMR, Willadino L, Rolim MM, Silva ÊFF, David MFL (2015) Intensity and duration of water deficit on the pathosystem sugarcane x *Meloidogyne incógnita*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 19(6): 581–586.

Ripoli TCC, Ripoli MLC (2004) Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente. Piracicaba: Barros & Marques Ed. Eletrônica, 302 p.

Santana PB (2012) **Desempenho agrônômico e tecnológico de variedades de cana-de-açúcar submetidas a diferentes lâminas de irrigação no Norte de Minas Gerais**. 92 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Montes Claros.

Segato SV, Pinto AS, Jendiroba E, Nóbrega JCM (2006) Atualização em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba: CP 2, 415p.

Silva CTS, Azevedo HM, Azevedo CAV, Neto JD, Carvalho CM, Filho RRG (2009) Crescimento da cana-de-açúcar com e sem irrigação complementar sob diferentes níveis de adubação de cobertura nitrogenada e potássica. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, 3: 3-12.

Silva EMP, Andrade Júnior AS, Bastos EA, Ribeiro VQ (2019) Produtividade de colmos e eficiência do uso da água em cana-de-açúcar irrigada por gotejamento subsuperficial. **Irriga**, 24(1): 162-176.

Silva JPN, Silva MRN (2012) Noções da cultura da cana-de-açúcar. Inhumas: IFG Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 105 p.

Silva LMA, Pedrosa EMR, Vicente TFS, Cardoso MSO, Castro D B, Rolim M M (2017) Seasonal variation of plant-parasitic nematodes and relationship with nutritional and growth properties of sugarcane plantations. **Tropical Plant Pathology**, 42:132–136.

Silva MA, Arantes MT, Rhein AFL, Gava GJC, Kolln OT (2014a) Potencial produtivo da cana-de-açúcar sob irrigação por gotejamento em função das variedades e ciclo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 18(3): 241-249.

Silva MA, Jeronimo EM, Dal'Collúcio A (2008) Perfilhamento e produtividade de cana-de-açúcar com diferentes alturas de corte e épocas de colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 43(8): 979-986.

Silva TGF, Moura MSB, Zolnier S, Souza LSB (2014b) Biomassa seca acumulada, partições e rendimento industrial da cana-de-açúcar irrigada no Semiárido brasileiro. **Revista Ceres**, 61(5): 686-696.

Silva VC (2019) **Adaptação e responsividade de cultivares de cana-de-açúcar em sistema de produção irrigado e não irrigado**. 24 f. Trabalho de conclusão de curso. Curso de Agronomia da UNESP-FCAV.

Souza JKC, Silva S, Dantas Neto J, Silva MBR, Teodoro I (2012) Importância da irrigação para a produção de cana-de-açúcar no Nordeste do Brasil. **Revista Educação Agrícola Superior**, 27(2): 33-140.

Tejera NA, Rodés R, Ortega E, Campos R, Lluch C (2007) Comparative analysis of physiological characteristics and yield components in sugarcane cultivars. **Field Crops Research**, 102: 64 - 72.

Tokeshi H, Rago AM. (2005) Doenças da cana-de-açúcar. In: Kimati H, Amorim L, Resende JAM, Bergamin Filho A, Camargo LEA (Ed.) **Manual de Fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: Ceres, 2(21): 185-196.

Valentín F, Nortes PA, Domínguez A, Sánchez JM, Intrigliolo DS, Alarcón JJ, López-Urrea R (2020) Comparing evapotranspiration and yield performance of maize under sprinkler, superficial and subsurface drip irrigation in a semi-arid environment. **Irrigation Science**, 38: 105–115.

Vieira DB (1986) Relação água solo planta. In: Programa Nacional de Irrigação. Curso de elaboração de projetos de irrigação, 1: 87p.

Vinogradov Y, Strebkov D (2020) Research on the Anthropogenic Impact on Climate Change. **International Journal of Energy Optimization and Engineering**, 9(2): 12-24.

Vitti GC, Mazza JA (2002) Planejamento, estratégias de manejo e nutrição de cana-de-açúcar. **Informações Agronômicas**, 97:1-16.