



FÁBIO NUNES DO NASCIMENTO

**RENDIMENTO E QUALIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR SOB
DOSES DE N E K_2O VIA SOLO E FERTIRRIGAÇÃO POR
GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL**

**TERESINA-PI
2017**

FÁBIO NUNES DO NASCIMENTO

**RENDIMENTO E QUALIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR SOB DOSES DE N E K₂O VIA
SOLO E FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL**

Tese apresentada à Universidade Federal do Piauí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Agricultura Tropical, para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientador
Dr. Aderson Soares de Andrade Júnior

**TERESINA, PI
2017**

FICHA CATALOGRÁFICA

Serviço de Processamento Técnico da Universidade Federal do Piauí Biblioteca
Comunitária Jornalista Carlos Castello Branco

N244r Nascimento, Fábio Nunes do.
Rendimento e qualidade da cana-de-açúcar sob doses de
n e k₂o via solo e fertirrigação por gotejamento subsuperficial
/ Fábio Nunes do Nascimento. – Teresina: 2017.
78 f.: il.

Tese (Agronomia - Agricultura Tropical) - Universidade
Federal do Piauí, Teresina-PI, 2017.

Orientação: Prof. Dr. Aderson Soares de Andrade Júnior

1. Adubação Nitrogenada. 2. Brix. 3. Cana Planta. 4.
Irrigação. I. Título.

CDD 633.61

FÁBIO NUNES DO NASCIMENTO

RENDIMENTO E QUALIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR SOB DOSES DE N E
K₂O VIA SOLO E FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO
SUBSUPERFICIAL

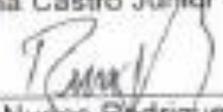
Tese apresentada à Universidade Federal do Piauí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutor em Agronomia com área de concentração em Produção Vegetal.

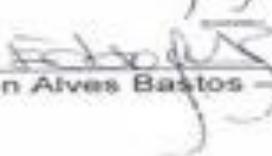
APROVADA em 31 de maio de 2017.

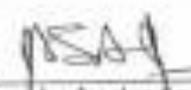
Comissão Julgadora:


Prof. Dr. Francisco de Alcântara Neto – CCAUFPI


Prof. Dr. Wady Lima Castro Júnior – IFMA


Dr. Braz Henrique Nunes Rodrigues – Embrapa Meio-Norte


Dr. Edson Alves Bastos – Embrapa Meio-Norte


Dr. Aderson Soares de Andrade Júnior – Embrapa Meio-Norte
(Orientador)

**Aos meus pais Antônio Messias Vieira do Nascimento (*in memoriam*) e
Teresinha Nunes do Nascimento
As minhas irmãs Kátia Silene Nunes do Nascimento e Maria De Fátima Nunes
do Nascimento
Aos meus filhos Luís Antônio Veloso Nunes e Iago Milarindo do Nascimento e
sobrinhos Kayan Bruno Nunes Medeiros e Kaylon Nunes Medeiros**

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me conduzir desde o ingresso no mestrado até a conclusão. Por me fortalecer nos momentos mais difíceis desta caminhada acadêmica;

À Jucileide Maria Gomes Veloso por sua compreensão, paciência e companheirismo;

À Miranda Rita de Sousa Leite pelos ensinamentos, conselhos, dedicação e a todos os bons momentos compartilhados;

À Carlos Humberto Aires Filho, Alzeneide da Silva Lopes, Josiane Fonteneles Silva e Joel Duarte Miranda por sua sincera amizade;

Ao Dr. Aderson Soares de Andrade Júnior, pela orientação, amizade e ensinamentos;

Ao Dr. Edson Alves Bastos, pelo apoio, conselhos e a uma sincera amizade;

Ao Dr. Valdenir Queiroz pelo apoio e ensinamentos nas avaliações estatísticas;

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGA), pelos ensinamentos transmitidos;

Ao programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Piauí (UFPI), pela confiança e oportunidade de realização do curso;

À CAPES pelos meses de bolsas disponibilizados;

Ao IFPI-Campus Valença pela compreensão e flexibilidade;

Aos meus colegas da primeira turma de doutorado em Agronomia do PPGA;

E a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

“Se você quer ser bem-sucedido, precisa ter dedicação total, buscar seu limite e dar o melhor de si mesmo”

Ayrton Sena

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	viii
ABSTRACT	ix
1 INTRODUÇÃO GERAL	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 A cultura da cana-de-açúcar – aspectos gerais	12
2.2 Necessidade hídrica da cultura	14
2.3 Irrigação	15
2.4 Irrigação por gotejamento subsuperficial	16
2.5 Fertirrigação no cultivo da cana-de-açúcar	18
2.6 Adubação nitrogenada na cana-de-açúcar	20
2.7 Adubação potássica na cana-de-açúcar	22
2.8 Fertirrigação e adubação convencional	23
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
RESUMO	33
INTRODUÇÃO	34
MATERIAL E MÉTODOS	35
RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
CONCLUSÕES	49
REFERÊNCIAS	49
INTRODUÇÃO	55
MATERIAL E MÉTODOS	56
RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
CONCLUSÕES	69
REFERÊNCIAS	69
APÊNDICE	74

RESUMO GERAL

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a produtividade de colmos, os parâmetros tecnológicos de qualidade e o rendimento de açúcar e álcool de cana planta em resposta a doses de N e K_2O sob fertirrigação por gotejamento subsuperficial, comparando com a adubação convencional de N e K_2O via solo. O trabalho foi conduzido em uma área experimental da Embrapa Meio-Norte, utilizando a cultivar RB92579, recomendada para cultivo sob regime irrigado e com área de cultivo representativa na microrregião de Teresina-PI. Os tratamentos avaliados foram estabelecidos por combinações de N (N60, N80, N120, N160, N180) $kg\ ha^{-1}$ e K (K60, K80, K120, K160, K180) $kg\ ha^{-1}$. O ensaio foi estruturado em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Na colheita, foram avaliados a produtividade de colmos (TCH, $Mg\ ha^{-1}$) e o rendimento bruto de açúcar (RBAÇ, $Mg\ h^{-1}$) e de álcool (RBA, $m^3\ ha^{-1}$). Foram determinados os atributos tecnológicos (sólidos solúveis totais (Brix%), o teor de fibra (%), o teor de pureza (PZA%), a percentagem de sacarose aparente no caldo POLcaldo (%) e a percentagem de sacarose aparente na cana POLcana (%). Os dados de produtividade de colmo, açúcar e álcool e de qualidade tecnológica do caldo da cana-de-açúcar foram submetidos à análise de variância com uso do programa estatístico SAS 14.1. A máxima produtividade de colmos estimada ($217,5\ Mg\ ha^{-1}$) é obtida com a aplicação de $180\ kg\ ha^{-1}$ de N e $60\ kg\ ha^{-1}$ de K_2O . O rendimento de açúcar e álcool eleva-se com níveis de adubação nitrogenada acima de $120\ kg\ ha^{-1}$. As características tecnológicas de qualidade da cana-de-açúcar Brix, POLcaldo, POLcana, pureza e fibra apresentaram melhor desempenho com a aplicação de $180\ kg\ ha^{-1}$ de N e $60\ kg\ ha^{-1}$ de K_2O . Os tratamentos N(60)K(120), N(80)K(80), N(120)K(120) e N(160)K(160) $Kg\ ha^{-1}$, quando aplicados via fertirrigação proporciona efeito positivo para produtividade de colmo. Quando submetido à fertirrigação, o rendimento bruto de açúcar e de álcool apresentou efeito positivo para o tratamento N(80)K(80) e N(160)K(160) $Kg\ ha^{-1}$, enquanto que para a forma convencional esse efeito não foi evidenciado. As características tecnológicas avaliadas da cana-de-açúcar cultivar (RB92579) não foram alteradas em relação às duas formas de aplicação do N e K_2O .

Palavras-chave: Adubação nitrogenada, Brix, cana planta e irrigação.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the yield of stalks, the technological quality parameters and the yield of cane sugar and ethanol in response to doses of N and K₂O under subsurface drip fertirrigation, comparing with the conventional fertilization of N and K₂O via ground. The work was developed in an experimental area of Embrapa Meio-Norte, using *cultivar RB92579*, recommended for cultivation under irrigated regime and with representative crop area in the Teresina-PI micro-region. The evaluated treatments were established by combinations of N (N60, N80, N120, N160, N180) kg ha⁻¹ and K (K60, K80, K120, K160, K180) kg ha⁻¹. The experiment was structured in a randomized complete block design with four replications. At harvest, the yield of stalks (TCH, Mg ha⁻¹) and the crude sugar yield (RBAÇ, Mg h⁻¹) and alcohol yield (RBA, m³ ha⁻¹) were evaluated. The technological attributes (total soluble solids (Brix%), fiber content (%), purity content (PZA%), apparent percentage of sucrose in the broth (POLcaldo%) and the percentage of apparent sucrose in Sugarcane (POLcana%). The sugar, alcohol and ethanol productivity data of the sugarcane juice broth were submitted to analysis of variance using the statistical program SAS 14.1. The maximum yield of estimated shoots (217.5 Mg ha⁻¹) is obtained with the application of 180 kg ha⁻¹ of N and 60 kg ha⁻¹ of K₂O. The yield of sugar and alcohol increases with levels of nitrogen fertilization above 120 kg ha⁻¹. The technological quality characteristics of Brix, POLcaldo, POLcana, POLcana, purity and fiber presented better performance with the application of 180 kg ha⁻¹ of N and 60 kg ha⁻¹ of K₂O. The treatments N (60) K (120), N (80) K (80), N (120) K (120) and N (160) K (160) Kg ha⁻¹ when applied via fertigation provides effective Positive for high Yield. (80) K (80) and N (160) K (160) Kg ha⁻¹, whereas for the conventional form this effect was not evidenced. The evaluated technological characteristics of sugarcane (RB92579) were not altered in relation to the two forms of application of N and K₂O.

Key words: Nitrogen fertilization, Brix, cane plant and irrigation.

1 INTRODUÇÃO GERAL

Historicamente, a cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é um dos principais produtos da atividade agrícola no Brasil, sendo cultivada desde a época da colonização. Considerando a grandeza dos números do setor sucroalcooleiro no país, não se pode tratar a cana-de-açúcar apenas como mais um produto, mas como a principal biomassa energética do Brasil. A atividade foi desenvolvida por muitas décadas, com uso de grande número de mão-de-obra, e vem, nos últimos anos, incorporando novas tecnologias, além da adoção das tendências da nova agricultura moderna, como: a precisão, a eficiência no uso da água e a colheita totalmente mecanizada.

O Brasil é o maior produtor mundial de cana, açúcar e etanol, conquistando cada vez mais o mercado externo com uso do biocombustível como alternativa energética. A produção de cana-de-açúcar no país na safra 2016/17, foi de 657,18 milhões de toneladas. Redução de 1,3% em relação à safra anterior. A área a ser colhida está estimada em 9,05 milhões de hectares, aumento de 4,6%, se comparada com a safra 2015/16. A produção de açúcar atingiu 38,69 milhões de toneladas, 15,5% superior à safra 2015/16 devido a preços mais rentáveis. A produção de etanol se manteve acima de 27,80 bilhões de litros, redução de 8,7% em razão da preferência pela produção de açúcar (CONAB, 2017).

O Piauí colheu uma produção de 760,5 mil toneladas de cana-de-açúcar, na safra 2016/2017, em uma área de 15,2 mil hectares, alcançando uma produtividade média de 50,09 t ha⁻¹ (CONAB, 2017).

Com relação à eficiência do uso da água, houve uma grande evolução nos conceitos de agricultura irrigada, notadamente no cultivo da cana-de-açúcar. Esses conceitos evoluíram da simples aplicação de água às culturas para um importante instrumento de acréscimo na produtividade de colmos, açúcar e álcool. No cenário atual, a irrigação é uma operação agrícola que tem por finalidade suprir as necessidades hídricas da planta, colaborando para o seu pleno desenvolvimento.

A irrigação por gotejamento é uma revolução na tecnologia de produção dessa cultura, por permitir aumentar a produtividade e elevar a longevidade do canavial. O planejamento da irrigação para cana-de-açúcar envolve uma estimativa da quantidade de água a ser aplicada em cada irrigação e o intervalo entre as irrigações para cada

condição de solo-planta-clima. Com a irrigação por gotejamento, adota-se a ideia de baixo volume e alta frequência (PEDROSO, 2017)

A cana-de-açúcar, por se tratar de um cultivo de grandes áreas, produz uma grande quantidade de biomassa, o que gera demandas cada vez maiores de nutrientes. Ao mesmo tempo, o custo de fertilizantes químicos torna-se alto e exige uma necessidade do uso eficiente do fertilizante para obter maiores benefícios. Uma resposta para esse desafio é a fertirrigação, em que os fertilizantes são aplicados simultaneamente com a água ao cultivo, através do sistema de irrigação por gotejamento. O método assegura que os nutrientes sejam fornecidos na área com maior atividade de raiz, de acordo com as necessidades de desenvolvimento das plantas e tipo de solo.

Por meio da fertirrigação é possível alterar para mais ou para menos as dosagens de qualquer nutriente ao longo do ciclo da cultura para atender às necessidades de demanda em cada fase fenológica, proporcionando uma resposta em produtividade bem mais elevada do que a adubação convencional, que normalmente faz apenas uma fundação e uma cobertura, ainda em fase inicial de cultivo, por não ter necessidade de acesso físico a sua aplicação quando a plantação de cana-de-açúcar se desenvolve.

A adubação visa completar a necessidade em nutrientes, mas, quando se pensa em adubação, a maior preocupação ocorre em relação às dosagens adotadas e com os custos. Entretanto, o modo de aplicação, a regulagem dos implementos e a época de aplicação, podem ser determinantes quando se trata do sucesso das adubações para o aumento da produtividade de colmo da cana-de-açúcar.

Tradicionalmente a adubação na cultura da cana-de-açúcar ocorre via solo, no entanto, essa é uma prática que vem mudando nos últimos anos com a adoção da fertirrigação, que se tornou uma atividade cada vez mais pertinente para suprir as condições hídricas e as exigências nutricionais da cana-de-açúcar, notadamente quando cultivada sob gotejamento subsuperficial (ANDRADE JÚNIOR et al., 2012).

Dada à carência de estudos nessa linha, especialmente na região Nordeste, é que se propôs esse trabalho, com o objetivo de avaliar a produtividade de colmos, os parâmetros tecnológicos que afetam a qualidade do caldo e a produtividade de açúcar e álcool em resposta a níveis de N e K₂O, sob fertirrigação, no primeiro ciclo de cultivo da cana-de-açúcar.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura da cana-de-açúcar – aspectos gerais

A cana-de-açúcar é originária da Nova-Guiné e foi levada para o sul da Ásia, onde foi usada, de início, principalmente em forma de xarope. A primeira evidência do açúcar em sua forma sólida data do ano 500, na Pérsia. Sua propagação no norte da África e Sul da Europa deve-se aos Árabes, na época das invasões. Nesse mesmo período, os chineses a levaram para Java e Filipinas. As conquistas árabes no Ocidente disseminaram o cultivo da cana-de-açúcar às margens do mar Mediterrâneo, a partir do século VIII (MOZAMBANI et al., 2006).

Desde os tempos do seu descobrimento que o Brasil cultivava a cana-de-açúcar, sendo os primeiros canaviais implantados com mudas trazidas de outros continentes pelos colonizadores (MACHADO; HABIB, 2009). No Brasil, a cana-de-açúcar tem sido cultivada em escala comercial desde a proximidade da linha do Equador, no estado do Amazonas, até regiões subtropicais, como o estado do Rio Grande do Sul, resultando numa extrema diversidade de unidades edafoclimáticas (FNP, 2003).

Pertencente à família Poaceae, inicialmente foi cultivada a espécie *Saccharum officinarum* (L.) e, com o passar do tempo, cultivares desta espécie sofreram problemas relacionados a doenças e à adaptação ecológica e foi substituída pelos híbridos interespecíficos do gênero *Saccharum* (LANDELL et al., 2014). Possui reprodução sexuada, quando cultivada comercialmente, porém é multiplicada assexuadamente por propagação vegetativa. É caracterizada pela inflorescência do tipo panícula, flor hermafrodita, caule em crescimento cilíndrico composto de nós e entrenós, folhas alternas, opostas, presas aos nós dos colmos, com lâminas de sílica em suas bordas, e bainha aberta (JADOSKI et al., 2010).

As características varietais definem o número de colmos por planta, a altura e o diâmetro do colmo, o comprimento e a largura das folhas e a arquitetura da parte aérea, sendo a expressão destes caracteres muito influenciados pelo clima, pelo manejo e pelas práticas culturais utilizadas.

Trata-se de uma planta de metabolismo fotossintético C4, por isso considerada altamente eficiente na conversão de energia radiante em energia química, com taxas fotossintéticas calculadas em até 100 mg de CO₂ fixado por dm² de área foliar por

hora. Entretanto, esta alta atividade fotossintética não se correlaciona diretamente com a elevada produtividade de biomassa, já que se deve considerar que a alta taxa de fotossíntese por unidade de superfície de terreno é influenciada pelo índice de área foliar (IAF). Além disso, o longo ciclo de crescimento da planta resulta em elevadas produções de matéria seca (RODRIGUES, 1995).

O comportamento vegetativo da cana-de-açúcar é altamente dependente dos fatores climáticos, visto que as variações na disponibilidade térmica, pluviosidade e intensidade de luz exercem grande influência sobre o desenvolvimento fenológico da cana-de-açúcar e interferem na produção, na maturação e na qualidade da cultura (SMIT; SINGLES, 2006; UEHARA et al., 2009).

Marin (2008) considera que os fatores climáticos explicam 43% da variabilidade da eficiência produtiva da cana-de-açúcar na seguinte ordem de importância: radiação solar, deficiência hídrica, temperatura máxima do ar, precipitação e temperatura mínima do ar.

Segundo Inman-Bamber e Smith (2005), uma precipitação pluvial anual a partir de 1.000 mm, bem distribuída, é suficiente para a obtenção de altas produções na cana-de-açúcar. Isso implica que o manejo hídrico seja realizado com eficiência, com suprimentos hídricos adequados durante o desenvolvimento vegetativo (principalmente nas fases de germinação, perfilhamento e alongamento dos colmos) e alguma restrição no período de maturação, para forçar o repouso fisiológico e o enriquecimento em sacarose.

Um dos fatores de maior importância na relação planta-água-solo é a arquitetura e distribuição do sistema radicular das plantas, bem como sua dinâmica de crescimento (VASCONCELOS, 2002). O conhecimento do sistema radicular da cana-de-açúcar permite a utilização adequada das técnicas agrônômicas, tais como: espaçamento, local de aplicação dos fertilizantes, operações de cultivo, drenagem dos solos e sistemas de irrigação, controle da erosão, uso de culturas intercalares, entre outras (CASAGRANDE, 1991).

Por possuir um sistema radicular diferenciado em relação à exploração das camadas mais profundas do solo quando comparado com o sistema radicular das demais culturas, principalmente as anuais, ser uma cultura semi-perene e com ciclo de produção de cinco a sete anos, o sistema radicular da cana-de-açúcar se desenvolve em maiores profundidades. E, assim, passa a ter uma estreita relação com pH, saturação por bases, porcentagem de alumínio e teores de cálcio nas

camadas mais profundas do solo. Estes fatores, por sua vez, estão correlacionados com a produtividade alcançada principalmente em solos de baixa fertilidade e menor capacidade de reter umidade (STAUT, 2006).

Comprovadamente a adubação visa completar a necessidade em nutrientes, mas quando se pensa em adubação (uso de fertilizantes químicos e ou orgânicos), a maior preocupação ocorre em relação às dosagens e ao custo (DIAS et al., 2006). No tocante à adubação nitrogenada, constitui-se em um dos principais fatores abióticos determinantes para a produtividade da cana-de-açúcar, principalmente no que se refere à longevidade das soqueiras (MUCHOW et al., 1996).

2.2 Necessidade hídrica da cultura

Para suprir as necessidades hídricas das plantas deve-se estimar a evapotranspiração da cultura (ET_c). Assim, para que as plantas atinjam o potencial de evapotranspiração é necessário que o teor de umidade do solo esteja igual ou próximo da capacidade de armazenamento de água disponível (CAD) (SILVA et al., 2015).

Por outro lado, para a maximização da lucratividade dos sistemas de produção irrigados a quantidade de água a ser aplicada deve estar relacionada também ao requerimento hídrico e ao manejo da cultura (SILVA et al., 2012). Ainda segundo esses mesmos autores, o requerimento hídrico da cana-de-açúcar é influenciado por fatores inerentes às condições ambientais, técnicas agrícolas, período de plantio e cultivares, normalmente reduzindo com a sucessão dos ciclos de cultivo (cana-planta, cana-soca e ressoca).

A disponibilidade de água para a cana-de-açúcar pode ser considerada como o principal fator climático causador da variabilidade de produtividade, ciclo após ciclo da cultura. O consumo de água pela cana-de-açúcar varia em função do ciclo da cultura, do estágio de desenvolvimento, das condições climáticas e também de outros fatores, como água disponível no solo e variedade de cana-de-açúcar (DALRI, 2006).

O consumo anual de água pela cana-de-açúcar fica em torno de 1.500 a 2.500 mm (DOOREMBOS; KASSAM, 1994). A relação consumo de água versus produtividade fica entre 8 e 12 mm Mg⁻¹, na maioria das situações (DALRI, 2006). Silva et al. (2012) determinaram um requerimento hídrico de 1710 mm na região semiárida do sub-médio do Vale do São Francisco em área de cultivo comercial de cana-de-açúcar, município de Juazeiro-BA.

Um consumo hídrico que variou entre 2,6 mm dia⁻¹, na fase inicial, a 6,38 mm dia⁻¹, na fase intermediária, com média de 4,3 mm dia⁻¹, foi determinada durante o ciclo produtivo da cultura da cana-de-açúcar, variedade RB92579, irrigada por pivô central, em um experimento realizado na Usina Miriri Alimentos e Bioenergia S/A, no estado da Paraíba (SILVA et al., 2014).

Contudo, o avanço do setor sucroalcooleiro gera questionamentos sobre os impactos no ambiente, a necessidade do aumento da produtividade e a maior eficiência no uso da água pela cultura da cana-de-açúcar. Daí a importância da adoção da irrigação por gotejamento subsuperficial (IGS) no cultivo da cana-de-açúcar.

2.3 Irrigação

O planejamento e a operação de um projeto de irrigação em que se visa a máxima produção e a boa qualidade do produto, usando de maneira eficiente a água, requerem conhecimento das inter-relações entre solo-água-planta-atmosfera e o manejo de irrigação. Em regiões áridas, onde a água é fator limitante, as pesquisas devem ser desenvolvidas visando planejar a irrigação para se alcançar máxima produção por unidade de água aplicada (BERNARDO, 2006).

Qualquer sistema de irrigação tem por finalidade a reposição da quantidade de água requerida pela cultura, visando sempre o compromisso em manter elevados os níveis de uniformidade e eficiência de aplicação da água ao menor custo possível, sempre preservando os recursos naturais (DALRI, 2006).

O manejo racional da irrigação pressupõe o uso criterioso do recurso hídrico disponível para se maximizar a produtividade das culturas com o uso eficiente da água, da energia, dos fertilizantes e de outros insumos empregados na produção, considerando os aspectos sociais e ecológicos da região. Práticas convencionais de irrigação baseiam-se na necessidade de água da cultura, definida pela demanda evapotranspirométrica, e na eficiência de aplicação de água. Como suporte aos calendários de irrigação, pesquisas têm sido guiadas sob quatro enfoques de manejo da irrigação: irrigação total, irrigação suplementar, irrigação com déficit e irrigação de “salvação” (FRIZZONE, 2007).

Saber quando irrigar, ou mesmo conhecer qual é a frequência ideal para um manejo de irrigação, é de fundamental importância para regiões onde a

disponibilidade do uso da água é limitada, pois nessas regiões deve-se procurar maximizar o uso da precipitação pluvial (DALRI, 2004).

Não existe um sistema de irrigação ideal, capaz de atender satisfatoriamente todas as condições e interesses envolvidos. Em consequência, deve-se selecionar o sistema de irrigação mais adequado para certa condição e para atender aos objetivos desejados. O processo de seleção requer a análise detalhada das condições apresentadas, em função das exigências de cada sistema de irrigação, de forma a permitir a identificação das melhores alternativas (ANDRADE, 2001).

A irrigação pode ser realizada por diferentes métodos: aspersão, localizada, superfície e subterrânea. Com relação à escolha do método de irrigação, não existe um melhor que o outro, e sim, o que mais se adapta a cada situação em particular. Existem vantagens e limitações no emprego de cada um deles. Para escolha do método adequado de irrigação, alguns aspectos devem ser considerados, como: a disponibilidade e qualidade da água, a energia e mão-de-obra despendida, a topografia e o tipo de solo, o custo de implantação, o clima e a cultura (PIRES et al., 1999).

2.4 Irrigação por gotejamento subsuperficial

A irrigação por gotejamento subsuperficial (IGS) deriva do gotejamento superficial, sendo constituída por emissores instalados na subsuperfície do solo, com aplicação da água na zona radicular da cultura. No Brasil, o uso desta tecnologia na cultura da cana-de-açúcar vem sendo avaliado principalmente em relação ao incremento na produtividade (SOUZA et al., 2012).

Segundo Phene (1999), a IGS apresenta várias características que podem contribuir para maximizar a eficiência de irrigação, quais sejam: diminuição da evaporação de água do solo e da percolação profunda, e eliminação do escoamento superficial. Segundo Marques et al. (2006), o interesse pela IGS vem crescendo devido às necessidades atuais de novas tecnologias que apresentem maior eficiência na aplicação da água e permitam o reuso de águas residuárias.

Considerando-se que na IGS a aplicação de água é dada diretamente na zona radicular, ou seja, abaixo da superfície do solo, esse sistema torna-se muito eficiente na redução das perdas por evaporação, bem como na redução do potencial de contágio humano quando se usa água residuária. Outra vantagem apresentada pela

IGS se refere a menor probabilidade de aparecimento de problemas fitossanitários (DALRI, 2004).

O IGS, que aos poucos começa a ser implantado, consiste em aplicar a água diretamente no sistema radicular das plantas a uma profundidade de aproximadamente 0,3m, diminuindo, assim, a evapotranspiração, o que ocasiona menor consumo da mesma. Porém, este sistema se torna ainda mais caro que o aplicado sobre o solo, mas, no entanto, tende a ser uma das projeções futuras, levando em conta a economia de água e seus ganhos econômicos (GALLON et al., 2015).

Segundo Sousa et al. (2014), uma das vantagens dessa técnica é a fertirrigação, que consiste na aplicação de fertilizantes via água, proporcionando o uso racional dos nutrientes, aumentando a eficiência dos mesmos, reduzindo mão-de-obra e o custo de energia do sistema de irrigação. Outras vantagens são: maior controle e eficiência do uso da água a ser fornecida à planta, maior produtividade, melhor controle sanitário, possibilidade de funcionamento em tempo integral, manutenção do solo próximo à capacidade de campo, menor desenvolvimento de plantas daninhas entre as linhas de plantio, facilidade de automação, adaptação a diferentes tipos de solo e topografias, diminuição do escoamento superficial, percolação profunda, encharcamento e erosões.

Para uma boa durabilidade do sistema, são de extrema importância a constante realização de limpezas e a aplicação de produtos para evitar a penetração do sistema radicular nos gotejadores, principalmente durante as realizações dos déficits hídricos antes da colheita.

Em Israel, por exemplo, é muito realizada a injeção de trifuralina na água de irrigação, três vezes ao ano para evitar intrusão de raízes nos orifícios, causada por déficit hídrico. Nos Estados Unidos é comum a injeção de ácido fosfórico para limpar os gotejadores e prevenir a intrusão de raízes (BASTOS et al., 2011).

Como principais desvantagens, têm-se: custo inicial elevado, se comparado aos demais sistemas de irrigação; impossibilidade de se verificar adequadamente o funcionamento dos gotejadores; e maior possibilidade de entupimento dos emissores (gotejadores) por causa da entrada de raízes ou da presença de substâncias na água de irrigação, que causam a formação de precipitados (OLIVEIRA et al., 2013).

Alguns trabalhos como Gava et al, (2011) que objetivaram estudar o efeito da tecnologia de irrigação por gotejamento, em diferentes cultivares de cana-de-açúcar,

em dois ciclos de produção (cana-planta e cana-soca), apresentaram respostas diferenciadas na eficiência de utilização da água. No manejo irrigado por gotejamento houve elevação de 24% na produtividade de colmos e de 23% na produtividade de açúcar, em relação ao manejo de sequeiro.

Segundo Ferrell (1990), o elevado custo com a instalação de IGS pode ser compensado pela redução dos gastos com herbicidas, redução da manutenção do sistema de irrigação, redução dos danos mecânicos e também redução do vandalismo. Não sendo raro reduzir o custo de produção de 25% a até 50%, além da conservação de energia, pois a baixa pressão que requerem esses sistemas (0,5 bar) requer pouco bombeamento, consumindo, portanto, menos energia do que os sistemas de aspersão (NAANDANJAIN, 2017).

2.5 Fertirrigação no cultivo da cana-de-açúcar

A fertirrigação é a aplicação de fertilizantes via água de irrigação. Essa técnica traduz o uso racional de fertilizantes em agricultura irrigada, uma vez que aumenta a eficiência do uso de fertilizantes, reduz a mão-de-obra e o custo com máquinas, além de flexibilizar a época de aplicação, podendo ser fracionada as doses recomendadas conforme a necessidade da cultura (SOUZA et al., 2005).

É recomendado para todos os tipos de plantas cultivadas, mas é mais comum em plantas de alto valor agregado e/ou fruticultura, em vez de culturas extensivas. Em todos os casos, a técnica requer equipamentos específicos e sistemas que apliquem água e nutrientes com precisão (AGROFITO, 2006). Em um cenário de crescimento e demanda e busca pela maximização e tecnificação da produção para maiores rendimentos, a fertirrigação, utilizada em diversas culturas agrícolas, passa a ser uma nova ferramenta para o produtor de cana-de-açúcar.

O sucesso da fertirrigação depende da distribuição de água às plantas, o que deve ocorrer do modo mais uniforme possível, isto é, o ideal é que todas as plantas recebam a mesma quantidade de nutrientes. Isso pode ser possível desde que haja a menor variação possível de pressão nas linhas laterais e entre linhas laterais de um mesmo setor irrigado (COELHO et al., 2011).

A escolha do fertilizante a ser aplicado na água de irrigação deve ser feita após avaliação das características dos produtos, para que sua utilização seja adequada ao sistema de irrigação. As fontes de fertilizantes empregadas devem apresentar alta

solubilidade e uma adequada concentração final do nutriente na solução, podendo ser empregados na forma sólida ou líquida (BORGES; SILVA, 2011).

O método de aplicar nutrientes via fertirrigação vem favorecendo de forma contundente aumentos de produtividade e qualidade do produto agrícola. Diversos trabalhos com fertirrigação em cana-de-açúcar mostram incremento da produção com o uso dessa técnica (BARBOSA et al., 2012; RHEIN et al., 2016; DALRI et al.; 2008).

Andrade Júnior et al. (2012) obtiveram produtividade de colmos 150,5 Mg ha⁻¹ indicando o potencial de aplicação da técnica da fertirrigação na cultura da cana-de-açúcar. Quintana et al. (2012) concluíram que a fertirrigação por gotejamento com N e K₂O e adição de Boro no plantio e na irrigação incrementaram a produtividade, o teor de sacarose do caldo e proporcionaram menores teores de açúcares redutores. Rhein et al. (2016) verificaram tanto modificações nas variáveis tecnológicas mediante a aplicação de doses de N via fertirrigação por gotejamento subsuperficial como o aumento linear das produtividades de colmos e de açúcar.

A fertirrigação juntamente com a irrigação é, sem dúvida, a tecnologia aplicada ao sistema de agricultura irrigada considerada como um dos mais importantes fatores de aumento da produtividade para a agricultura (DALRI, 2004). A aplicar fertilizantes dissolvidos na água de irrigação de forma contínua ou intermitente, além da disposição dos nutrientes na região de maior concentração de raízes e da possibilidade de maior fracionamento das doses, a fertirrigação possibilita aumentar a eficiência das adubações, pois os nutrientes têm as condições ideais de umidade do solo para sua absorção (TEIXEIRA et al., 2007).

Entretanto, a fertirrigação não se adapta a todos os sistemas de irrigação, visto que um dos pré-requisitos é operar com alta uniformidade de aplicação. Por isso, associa-se principalmente aos sistemas de irrigação por gotejamento ou microaspersão (YAGÜE, 1996). Em todos os casos, a técnica requer equipamentos específicos e sistemas que apliquem água e nutrientes com precisão.

Segundo Villas Bôas et al. (2008), as opções de injetores de fertilizantes têm sido a mais diversificada possível, sendo que o preço também é um fator importante na escolha. É comum, principalmente em cultivo protegido, o uso de Venturi como injetor, devido ao baixo custo, variando de US\$91,52 a US\$305,08, dependendo do diâmetro da tubulação, como também, das bombas injetoras com corpo de aço inox e cujo preço ultrapassam US\$915,25.

Além disso, a escolha também é baseada no princípio de funcionamento, fonte de energia, pressão disponível, possibilidade ou não de automação, entre outros pontos. Em áreas mais extensas com fertirrigação, as questões operacionais têm levado a dois tipos básicos de equipamentos: de alto volume de injeção (cerca de 4.000 L h⁻¹) para a fertirrigação na época de chuvas (o objetivo é usar a irrigação apenas como aplicador de fertilizantes) e equipamentos de pequeno volume de injeção, para a fertirrigação técnica – proporcional, na época seca (VILLAS BÔAS et al., 2008).

2.6 Adubação nitrogenada na cana-de-açúcar

A absorção de nutrientes pelas plantas, como a cana-de-açúcar, é limitada por fatores de solo, temperatura, radiação e precipitação (OLIVEIRA et al., 2011). Neste sentido, a parte nutricional vem ganhando destaque pelas novas tecnologias que surgem no mercado, como fertilizantes de maior desempenho, assim como aqueles que ficam menos expostos às variáveis climáticas, como os fertilizantes de liberação controlada.

O manejo da adubação nitrogenada em cana-de-açúcar se constitui fator de produtividade importante, especialmente nas soqueiras (PRADO; PANCELLI, 2008). Esses mesmos autores, avaliando cinco doses de N (0, 50, 100, 150 e 200kg ha⁻¹) em soqueira colhida sem queima, concluíram que a maior dose aplicada da forma tradicional, via solo, 200 kg ha⁻¹ de N, promoveu aumento no desenvolvimento da cultura, na nutrição da planta e na produtividade de colmos.

A cana-planta normalmente apresenta baixas respostas à adubação nitrogenada, quando comparada às soqueiras, que reagem ao N com maior frequência, principalmente em solos de elevada fertilidade (ORLANDO FILHO et al., 1994).

Apesar de muito consistentes em cana soca, é fato, nos meios acadêmicos e práticos, que as respostas à adubação nitrogenada no plantio da cana-de-açúcar ainda são inconclusivas. As revisões relacionadas ao tema são inúmeras e datam desde a década de 60. Alguns detalhes podem ser vistos em estudos feitos por Azeredo et al. (1986), Carnaúba, (1990), que fizeram cerca de 135 experimentos; Vitti et al. (2007), e Penatti, (2013), que apresentaram recentemente os resultados mais significativos, de testes e experimentos realizados na região canavieira do Centro-Sul

do Brasil. Menos de 19% dos trabalhos consultados mostraram um acréscimo na produtividade agrícola devido à adubação nitrogenada, porém com doses não superiores a real necessidade de Nitrogênio (N) pela planta (DEMATTÊ, 2016).

A cana-de-açúcar extrai na faixa de 0,92 a 1,2 kg de N por t de colmo. E como explicar a elevada produtividade no Estado de São Paulo de primeiro corte, na faixa de 115 t ha⁻¹, nas safras 2012 a 2014 com teor médio de N de 43 kg ha⁻¹ (variando de 0 a 60 kg)? O fato é que o aparente não empobrecimento do solo em nitrogênio e a manutenção da produção da cana-de-açúcar sugerem que a cultura pode obtê-lo a partir de outros meios ou do próprio solo, que pode fornecer o N por outros caminhos (DEMATTÊ, 2016).

Como fonte alternativa de N para a cana-de-açúcar, temos: N mineralizado da matéria orgânica do solo; N mineralizado dos restos de cultura da própria cana; N armazenado no tolete de plantio; práticas agrícolas; e fixação biológica do N₂.

(No Brasil a adubação nitrogenada da cana-de-açúcar quase sempre é recomendada com doses entre 60 a 120 kg ha⁻¹ de N em soqueiras. Quando comparado a outros países com produtividades equivalentes, as doses de N são geralmente superiores a 120 kg ha⁻¹ de N e, em alguns casos, atingem 200 kg ha⁻¹ de N (ESPERANCINE et al., 2015). Esses mesmos autores, em um experimento com adubação nitrogenada via fertirrigação na cana-de-açúcar em uma área do tipo Argissolo eutrófico com os tratamentos T1(sem N + irrigação), T2 (70 kg ha⁻¹ N + irrigação), T3 (140 kg ha⁻¹ N + irrigação) e T4 (210 kg ha⁻¹ N + irrigação) obtiveram o máximo da produtividade da cana-de-açúcar, nas condições experimentais de 140 Mg ha⁻¹, para uma dose de 175 kg ha⁻¹ de N, a partir desse ponto qualquer uso adicional de N não refletiu em aumento de produção.)

Silva et al.(2009) avaliaram o efeito de diferentes níveis de adubação nitrogenada mais K₂O, aplicados em cobertura AC1- 85 kg ha⁻¹ (44 kg de N mais 41 kg de K₂O), AC2 - 167 kg ha⁻¹(86 kg de N mais 81 kg de K₂O), AC3 - 305 kg ha⁻¹ (157 kg de N mais 148 kg de K₂O), AC4 - 458 kg ha⁻¹ (236 kg de N mais 222 kg de K₂O), sob regime de irrigação e concluíram que a maior produtividade de colmos (108,21 Mg ha⁻¹) e o máximo rendimento de álcool (9948 L ha⁻¹) foram obtidos com 236 kg de N + 222 kg de K₂O.

O parcelamento de N é frequentemente recomendado em razão dos seguintes aspectos: alta mobilidade no solo, com destaque para os arenosos; alto índice salino

dos adubos que o contêm e baixa exigência inicial das culturas (BORGES; SILVA, 2011).

2.7 Adubação potássica na cana-de-açúcar

O potássio (K) desempenha diversas funções metabólicas e estruturais na planta. Seguido pelo N, é o nutriente mais absorvido pela cana-de-açúcar. Para cada 100 Mg ha⁻¹ de colmos, são exportados cerca de 150 kg ha⁻¹ de K₂O (MALAVOLTA, 1982).

Convencionalmente, a adubação potássica da cana-de-açúcar é feita basicamente no sulco de plantio, o que pode comprometer a eficiência de utilização desse nutriente, devido a possíveis perdas por lixiviação ou salinidade às raízes das plantas (OTTO et al., 2010).

Um ponto que se discute é o parcelamento da adubação potássica, muito embora seja mais uma operação que acarrete custos extras (ROSSETO et al., 2008). Resultados como os de Lana et al. (2004) evidenciam a vantagem do parcelamento do K₂O quando aplicando 60 kg ha⁻¹ no sulco + 60 kg ha⁻¹ em cobertura onde obtiveram 152 Mg ha⁻¹. Feltrin et al. (2010), concluíram que a aplicação do K₂O em doses maiores que 60 kg ha⁻¹ não afetou a qualidade tecnológica da soqueira de cana-de-açúcar, entretanto, a dose de 120 kg ha⁻¹, dividida em dois parcelamentos, proporcionou maior produção de colmos.

O K₂O aplicado via água de irrigação torna-se viável em razão da alta solubilidade da maioria das fontes desse nutriente. Além disso, em virtude da mobilidade no solo, principalmente nos mais arenosos, quantidades menores do nutriente devem ser aplicadas em cada parcelamento, a fim de diminuir as perdas por lixiviação (BORGES; SILVA, 2011). Albuquerque et al. (2011), em pesquisa avaliando cinco lâminas de irrigação (80, 90, 100, 110 e 120% da ETc) e duas doses de K₂O (80 e 120 kg ha⁻¹ de K₂O), aplicadas de forma parcelada, de acordo com a fase fonológica da planta, através de um sistema de irrigação por gotejamento, observaram que, com a aplicação da maior lâmina e da maior dose, as perdas de K₂O foram maiores, em média de 60,1 kg ha⁻¹. Silva et al. (2014) avaliando o potencial produtivo de diferentes variedades de cana-de-açúcar irrigadas por gotejamento durante dois ciclos, aplicando 220 kg ha⁻¹ de K₂O no plantio e 130 kg ha⁻¹ de K₂O no segundo ciclo, obtiveram valores acima de 115 Mg ha⁻¹ de colmos para as variedades IAC91-1099,

RB855536 e RB867515. Segundo os autores, essas variedades apresentam potencial produtivo agroindustrial e menor consumo relativo de água e podem ser recomendadas para o manejo de produção em irrigação por gotejamento.

2.8 Fertirrigação e adubação convencional

A cana-de-açúcar tem por característica ser uma cultura com elevado grau de tecnologia aplicada ao sistema produtivo, como, por exemplo, as elevadas doses de adubo, controle biológico e químico de doenças e plantas daninhas, controle da compactação do solo, variedades melhoradas, uso de maturadores, dentre outros (DALRI et al., 2008).

Contudo, sem o uso da irrigação e da adubação, a produção da cultura pode ser afetada significativamente na quantidade de biomassa produzida e especialmente na qualidade tecnológica do produto. Essas duas práticas juntamente com as condições climáticas da região de cultivo são de grande importância para o desenvolvimento e produtividade da planta (CORREIA et al., 2014).

Existe também a possibilidade da aplicação de adubos, principalmente nitrogênio (N) e potássio (K) via fertirrigação como outro benefício ao planejamento da cultura (COSTA et al., 1994; LOPES, 1998)

Estudos avaliando os efeitos da aplicação da adubação via fertirrigação versus adubação convencional na produção de biomassa e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar são poucos.

Observações nesse contexto ocorre em outras culturas como Teixeira et al. (2007), em um experimento realizado em Pindorama (SP) onde avaliaram os efeitos da fertirrigação e da adubação convencional com N e K, em bananeiras, durante dois ciclos de produção. Também Duenhas et al, (2005) que realizaram experimento com laranja Valência (*Citrus sinensis Osbeck*) em Pratânia-SP, comparando os efeitos de doses de nitrogênio, fósforo e potássio aplicadas via água de irrigação e aplicação convencional de fertilizantes com e sem irrigação.

Diversos trabalhos conduzidos com a aplicação de adubação via fertirrigação em cana-de-açúcar podem ser citados Dalri et al. (2008), Silva et al. (2014) e Rhein et al. (2016). Esses autores constataram que o uso da fertirrigação proporcionou incrementos positivos na produção da cultura com médias acima de 100 Mg ha⁻¹.

Andrade Júnior et al. (2012) em pesquisa para definir os níveis ótimos de irrigação, N e K em cana-de-açúcar, cultivar RB867515, aplicados por gotejamento subsuperficial, obtiveram valores de produtividade de colmos elevados com média de 150,5 Mg ha⁻¹, o que indica o potencial de aplicação da técnica da fertirrigação na cultura da cana-de-açúcar.

Quanto à aplicação convencional dos fertilizantes na cana-de-açúcar são inúmeras as informações, nas mais diversas condições de clima, solo e cultivares.

Otto et al. (2010) avaliaram a produtividade de colmos e atributos tecnológicos da cana-de-açúcar em função de doses e formas de aplicação de K e obtendo produtividade máxima estimada de cerca de 160 t ha⁻¹ com 130 e 150 kg ha⁻¹ de K₂O.

Moura et al. (2005) em trabalho com adubação de cobertura com N e K aplicados em linha de forma fracionada não conseguiram atingir picos máximos de rendimento de colmos (t ha⁻¹), seja no regime irrigado ou não, com médias 98,4 e 77,05 t ha⁻¹ respectivamente.

Nas pesquisas envolvendo a cultura da cana-de-açúcar, seja de sequeiro ou irrigada, as conclusões são unânimes em afirmar o incremento de produção com o uso de técnicas de irrigação e o manejo adequado da adubação.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROFITO. **Princípios da Fertirrigação**. Informativo Agrofito - setembro//outubro 2006.

ALBUQUERQUE, F. S.; SILVA, E. F. F.; ALBUQUERQUE FILHO, J. A. C.; NUNES, M.F.F.N. Crescimento e rendimento de pimentão fertirrigados sob diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.7, p.686–694, 2011.

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; RIBEIRO, V. Q.; DUARTE, J. A. L.; BRAGA, D. L.; NOLETO, D. H. Níveis de água, nitrogênio e potássio por gotejamento subsuperficial em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** v.47, n.1, p.76-84, 2012.

A JAIN IRRIGATION COMPANY (NAANDANJAIN). Artigo. Disponível em:<<http://www.naandanjain.com.br/pt/news/artigos/13-irrigacao-gota-a-gota>> Acesso em: 25 de janeiro de 2017.

AZEREDO, D.F.; BASANELLO, J.; WELBER, H.; VIEIRA J.R. Nitrogênio em cana-planta. **Stab – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.4, n. 5, p. 26-33, 1986.

BARBOSA, E. A. A.; ARRUDA, F. B.; PIRES, R. C. M.; SILVA, T. J. A.; SAKAI, E. Cana-de-açúcar fertirrigada com vinhaça e adubos minerais via irrigação por gotejamento subsuperficial: Ciclo da cana-planta. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.9, p.952–958, 2012.

BASTOS, E. A.; NOGUEIRA, C. C. P.; VELOSO, M. E. C.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SOUSA, V. F.; PAZ, V. P. S. Métodos e sistemas de irrigação. In: SOUSA, V. F. (org.). **Manejo da fertirrigação em fruteiras e hortaliça**. 2ª ed. Brasília, Embrapa, 2011.

BERNARDO, S. **Manejo da irrigação na cana-de-açúcar**. *Alcoolbrás*, São Paulo, n. 106, p. 72-80, 10 out. 2006.

BORGES, A. L.; SILVA, D. J. Fertilizantes para fertirrigação. In: SOUSA, V. F. (org.). **Manejo da fertirrigação em fruteiras e hortaliça**. 2ª ed. Brasília, Embrapa, 2011.

CARNAÚBA, B. A. A. O nitrogênio e a cana-de-açúcar. **Stab, Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.8, n.3/4, p.24-41, 1990.

CASAGRANDE, A.A. **Tópicos de morfología e fisiologia da cana de açúcar**. Jaboticabal: FUNEP, 1991. 157p. Chronicle, p. 17-18, 1990.

COELHO, E. F.; OR, D.; SOUSA, V. F. Aspectos básicos em fertirrigação. In: SOUSA, V. F. (org.). **Manejo da fertirrigação em fruteiras e hortaliça**. 2ª ed. Brasília, Embrapa, 2011.

CORREIA, C. B. G.; AZEVEDO, H. M. de.; NETO, J. D.; CARVALHO, C. M. DE.; SILVA, L. L.; FEITOSA, S. de. O. Cana-de-açúcar: parâmetros tecnológicos em função de diferentes lâminas de irrigação e adubação de cobertura. **Rev. Bras. Agric. Irr. v. 8, nº.1, Fortaleza, p. 26 - 37, Jan - Fev, 2014.**

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira: Cana-de-açúcar**, safra 2015/2016. Quarto levantamento, Abril de 2017. Brasília: Conab, 2017. 76p.

DALRI, A. B.; CRUZ, R. L.; GARCIA, C. J. B. Irrigação por gotejamento subsuperficial na produção e qualidade da cana-de-açúcar. **Irriga**, v.13, n.1, p.1-11, 2008.

DALRI, A. B. **Irrigação em cana-de-açúcar**. In:_____. Atualização em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba: CP 2, 2006. cap.5, p.156-170.

DALRI, A. B. **Avaliação da produtividade da cana-de-açúcar irrigada por gotejamento subsuperficial nos três primeiros ciclos**. 2004. 89 f. (Tese) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu-SP, 2004.

DEMATTE, J. L.L. Nitrogênio em cana planta. **Revista RPAnews**, n.179, p.24-26, 2016.

DIAS, F. L. F.; ROSSETTO, R.; SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E. Calagem e adubação da cana-de-açúcar. In:_____. Atualização em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba: CP 2, 2006. p.107- 119.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994. P. 220-226. (Boletim, 33).

DUENHAS, L.H.; VILLAS BÔAS.R.L.; SOUZA, C.M.P.; OLIVEIRA, M.V.A.M.;DALRI, A.B. Produção, qualidade dos frutos e estado nutricional da laranjaValência sob fertirrigação e adubação convencional. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.25,n.1,p.154-160,jan./abr.2005.**

ESPERANCINE, M. S. T.; AFONSO, P. F. N.; GAVA, G. J. C.; VILLAS BOAS, R. L. Dose ótima econômica de nitrogênio em cana-de-açúcar aplicada via fertirrigação por gotejamento. **Irriga**, Edição Especial, 20 anos Irriga + 50 anos FCA, p. 28-39, 2015.

FELTRIN, M. S.; LAVANHOLI, M. G. D. P. SILVA, H. S.; PRADO, R.M. Adubação potássica na produtividade da soqueira de cana-de-açúcar colhida sem queima. **Nucleus**, v.7, n.1, abr. 2010.

FERRELL, J. E. Less water, more crops. **This Word Magazine**. The San Francisco Chronicle, p. 17-18, 1990.

FLORES, R. A.; PRADO, R. de M.; POLITI, L. S.; ALMEIDA, T. B. F de. Potássio no desenvolvimento inicial da soqueira de cana crua. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, n.1, p. 106-111, 2012

FNP (Consultoria e Comércio). **Agrianual 2003: anuário de agricultura brasileira**. São Paulo, 2003. p. 272-285.

FRIZZONE, J. A. Planejamento da Irrigação com Uso de Técnicas de Otimização. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.1, n.1, p.24–49, 2007.

GALLON, J. F.; GALLON, I.; BASEGGIO, N.; OLIVEIRA, F. G.; MENEGOTTO, M. L. A. Irrigação por gotejamento uso da água com tecnologia para produção. In: I SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INOVAÇÃO EM CADEIAS PRODUTIVAS DO AGRONEGÓCIO. Caxias do Sul – 28 a 29 de agosto de 2015.

GAVA, G.J. de C.; SILVA, M. de A.; SILVA, R. C. da.; JERONIMO, E.M.; CRUZ, J.C.S.;KOLLN,O.T. Produtividade de três cultivares de cana-de-açúcar sob manejos de sequeiro e irrigado por gotejamento. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.15, n.3, p.250–255, 2011.

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

JADOSKI, C. J.; TOPPA, E. V. B.; JULIANETTI, A.; HULSHOF, T.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Fisiologia do desenvolvimento do estágio vegetativo da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.3, n. 2, 2010.

LANA, R.M.Q. et al. Parcelamento da adubação potássica na cana-planta. **Revista STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 23, n. 2, p. 28-31, 2004.

LANDELL, M. G. A.; XAVIER, M. A.; GARCIA, J. C.; PRADO, H.; AZANIA, C. A. M.; SCARPARI, M. S.; DINARDO-MIRANDA, L. L.; DOS ANJOS, I. A.; SILVA, D. N.; BIDÓIA, M. A. P.; BRANCALIÃO, S. R.; ROSSETTO, R.; VITTI, A. C. Cana-de-açúcar. In: _____ Boletim 2000: Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. Campinas, São Paulo junho 2014.

LÓPEZ, C. C. (Coord.) *Fertirrigacion: cultivos hortícolas y ornamentales*. Barcelona: **Mundi-Prensa, 1998. 475 p.**

MACHADO, L.A.; HABIB, M. **Perspectivas e impactos da cultura de cana-de-açúcar no Brasil**. 2009. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2009_2/Cana/index.htm>. Acesso em: 18/7/2001

MALAVOLTA, E. **Potássio e enxofre nos solos e culturas brasileiras**. Piracicaba, Potafós, 1982. (Boletim Técnico, 4).

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa as Potassa e do fosfato, 1997. 319 p.

MARIN, F. R. et al. Sugarcane crop efficiency in two growing seasons in São Paulo State, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 11, p. 1449-1455, nov. 2008.

MARQUES, P. A. A.; FRIZZONE, J. A.; TEXEIRA, M. B. O estado da arte da irrigação por gotejamento subsuperficial. **Colloquium Agrariae**, v. 2, n.1, p. 17- 31, 2006.

MOZAMBANI, A. E.; PINTO, A. de S.; SEGATO, S. V.; MATTIUZ, C.F.M. **Historia e morfologia da cana-de-açúcar**. In: _____. Atualização em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba: CP 2, 2006. cap.1, p.11-19.

MOURA, M.V.P. da S.; FARIAS, C.H. de A.; AZEVEDO, C.A.V.de.; DANTAS NETO, J.; AZEVEDO, H.M. de.; PORDEUS, R.V. Doses de adubação nitrogenada e potássio em cobertura na cultura da cana-de-açúcar, primeira soca, com e sem irrigação. **Ciênc.agrotec.,Lavras**, v. 29, n. 4, p. 753-760, jul./ago., 2005.

MUCHOW, R. C.; ROBERTSON, M. J.; WOOD, A. W.; KEATING, B. A. Effect of nitrogen on the time-course of sucrose accumulation in sugarcane. **Field Crops Research**, v. 47, p. 143-153, 1996.

OLIVEIRA, A. R.; SIMÕES, W. L.; CALGARO, M. **Espaçamento e Profundidade do Sistema de Irrigação por Gotejamento Subsuperficial em Cultivo de Cana-de-açúcar**. Instruções Técnicas da Embrapa Semiárido Petrolina, dezembro de 2013.

OLIVEIRA, C. A.; FREIRE, F.J.; OLIVEIRA, R. I.; OLIVEIRA, A.C.; FREIRE, M.B.G. S. Acúmulo e alocação de nutrientes em cana-de-açúcar. *Revista Ciência Agronômicas*, v. 42, n. 3, p. 579-588, 2011.

ORLANDO FILHO, J.; MACEDO, N.; TOKESHI, H. Seja doutor do seu canavial. *Informações. Revista Ciência Agronômicas*, v.67, p.1-16, 1994.

OTTO, R.; VITTI, G. C.; LUZ, P. H. de C. Manejo da adubação potássica na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34:1137-1145, 2010.

PENATTI, C. P. **Adubação da cana-de-açúcar - 30 anos de experiência**. 1. ed. Itu, SP, Brazil: Editora Ottoni, 347p. 2013.

PEDROSO, D. Irrigação e pulverização: Cana-de-açúcar irrigada por gotejamento. *Jornal Dia de Campo*, 10 de julho 2017. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/>>. Acesso em: 10 de julho de 2017.

PRADO, R.M.; PANCELLI, M. A. Resposta de soqueiras de cana-de-açúcar à aplicação de nitrogênio em sistema de colheita sem queima. **Bragantia** [online], vol.67, n.4, pp.951-959, 2008.

PHENE, C.J. Efficient irrigation systems and irrigation scheduling for processing tomato: the challenge **Acta Horticulturae**, v.487, p. 479-485, 1999.

PIRES, R. C. de M.; SAKAI, E.; ARRUDA, F. B.; FUJIWARA, M. CALHEIROS, R. O. **Métodos e Manejo da irrigação**. Centro de Ecofisiologia e Biofísica do Instituto Agrônômico. FUNDAG – FEHIDRO, 1999.

QUINTANA, K. A.; ZANINI, J. R.; SILVA, E. R. Irrigação e fertirrigação por gotejamento em cana-de-açúcar na presença e ausência de boro. **Científica**, v.40, n.2, p.103 – 116, 2012.

RHEIN, A. F. L.; PINCELLI, R. P.; ARANTES, M.T.; DELLABLIA, W. J.; KOLLN, O.T.; SILVA, M. A. Technological quality and yield of sugarcane grown under nitrogen doses via subsurface drip fertigation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.3, p.209–214, 2016.

RODRIGUES, J. D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: Instituto de Biociência, 1995. 101 p. Apostila.

ROSSETTO, R.; DIAS, F. L. F.; VITTI, A. C.; CANTARELLA, H.; LANDELL, M. G. A. Manejo conservacionista e reciclagem de nutrientes em cana-de-açúcar tendo em vista a colheita mecânica. **Informações Agronômicas**, n. 124, 2008.

SILVA, A. B.; DANTAS NETO, J.; FARIAS, C.H. A.; AZEVEDO, C. A. V.; AZEVEDO, H. M. Rendimento e qualidade da cana-de-açúcar irrigada sob adubações de nitrogênio e potássio em cobertura. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 236-241, 2009.

SILVA, M.A.; ARANTES, M. T.; RHEIN, A. F. L.; GAVA, G.J.C.; KOLLN, O.T. Potencial produtivo da cana-de-açúcar sob irrigação por gotejamento em função de variedades e ciclos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.3, p.241–249, 2014.

SILVA, S.; DANTAS NETO, J.; TEODORO, I.; SOUZA, J. L.; LYRA, G. B.; SANTOS, M. A. L. Demanda hídrica da cana-de-açúcar irrigada por gotejamento nos tabuleiros costeiros de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.9, p.849–856, 2015.

SILVA, T. G. F.; MOURA, M. S. B.; ZOLNIER, S.; SOARES, J. M.; VIEIRA, V. J. S.; JÚNIOR, W. G. F. Requerimento hídrico e coeficiente de cultura da cana-de-açúcar irrigada no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.1, p.64–71, 2012.

SINGH, P. N.; MOHAN, S. C. Water use and yield response of sugarcane under different irrigation schedules and nitrogen levels in a subtropical region. **Agricultural Water Management**, v. 26, p. 253-264, 1994.

SMIT, M. A.; SINGELS, M. A. The response of sugarcane canopy development to water.

SOBRAL, L.F.; NOGUEIRA, L.C. Influência de nitrogênio e potássio, viafertilização, em atributos do solo, níveis críticos do foliares e produção do coqueiro-anão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p. 1675-1682, 2008.

SOUSA, Valdemíioferreirade...[et al], **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**/ editores técnicos. Valdemício Ferreira de Souza...[et al.], – 2ª Ed. – Brasília, DF: Embrapa, 2014. E-book: no formato e Pub, convertido do livro impresso.

SOUSA, V. F.; SANTOS, F. J.; ALMEIDA, O. A. **Fertirrigação**. Teresina: Embrapa Meio-Norte. 2005 40 p.: 21 cm. - (Documentos Embrapa Meio-Norte).

SOUZA, W.de J.; BOTREL, T.A.; COELHO, R.D.; NOVA, N.A.V. Irrigação localizada subsuperficial: Gotejador convencional e novo protótipo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.8, p.811–819, 2012.

STAUT, L. A. Condições dos solos para o cultivo de cana-de-açúcar. 2006. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/CanaSolo/index.htm>. Acesso em: 5/1/2017.

TEXEIRA, L. A. J.; NATALE, W.; MARTINS, A. L. M. Nitrogênio e potássio via fertirrigação e adubação convencional-estado nutricional das bananeiras e produção de frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 1, p. 153-160, Abril 2007.

UEHARA, N.; SASAKI, N. AOKI, N. OHSUG, R. Effects of the temperature lowered in the daytime and night-time on sugar accumulation in sugarcane. **Plant Production Science**, v. 12, n. 4, p. 420-427, 2009.

VASCONCELOS, A.C.M. **Desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea de socas de cana-de-açúcar sob dois sistemas de colheita: crua mecanizada e queimada manual**. 2002. 140 p. (Tese) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2002.

VITTI, A. C.; TRIVELIN, P. C. O.; GAVA, G. J. C.; PENATTI, C. P.; BOLOGNA, I. R.; FARONI, C. E.; FRANCO, H. C. J. Produtividade da cana-de-açúcar relacionada ao nitrogênio 11 residual da adubação e do sistema radicular. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 2, p. 249–256, 2007.

YAGÜE, J.L.F. Fertirrigación. In: **_____Técnicas de riego**. 2nd ed. Madri: MAPA/Mundi Prensa, 1996. p.343-61.

CAPÍTULO I – Rendimento agroindustrial da cana-de-açúcar fertirrigada por gotejamento subsuperficial com nitrogênio e potássio

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a produtividade de colmos, os parâmetros tecnológicos de qualidade e os rendimentos de açúcar e álcool em resposta a níveis de nitrogênio (N) e potássio (K_2O) sob fertirrigação por gotejamento subsuperficial em ciclo de cana planta. O experimento foi executado em um Argissolo Vermelho Amarelo distrófico, na Embrapa Meio-Norte, em Teresina, Piauí. Modelou-se o ensaio em um delineamento experimental, em blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial $2^x + 2X + 1$, constituídos por níveis de N (N60, N80, N120, N160, N180) $kg\ ha^{-1}$ e K (K60, K80, K120, K160, K180) $kg\ ha^{-1}$. A máxima produtividade de colmos estimada ($217,5\ Mg\ ha^{-1}$) é obtida com a aplicação de $180\ kg\ ha^{-1}$ de N e $60\ kg\ ha^{-1}$ de K_2O . O rendimento de açúcar e álcool eleva-se com níveis de adubação nitrogenada acima de $120\ kg\ ha^{-1}$. As características tecnológicas de qualidade da cana-de-açúcar Brix, POLcaldo, POLcana, pureza e fibra apresentaram melhor desempenho com a aplicação de $180\ kg\ ha^{-1}$ de N e $60\ kg\ ha^{-1}$ de K_2O .

Termos para indexação: Sacarose, álcool, colheita.

Agro industrial yield of sugarcane fertirrigated by subsurface drip with nitrogen and potassium

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the yield of stalks, the technological quality parameters, sugar and alcohol yield in response to nitrogen (N) and potassium (K_2O) levels under subsurface drip fertigation in cane plant cycle. The experiment was carried out in a Red Yellow dystrophic Argisol at Embrapa Meio-Norte, in Teresina, Piauí. The experiment was run in a randomized complete block design with four replicates. The treatments were arranged in factorial scheme $2K + 2K + 1$, consisting of nitrogen levels (N60, N80, N120, N160, N180) $kg\ ha^{-1}$ and potassium (K60, K80, K120, K160, K180) $kg\ ha^{-1}$. The maximum harvested yield estimated ($217.5\ Mg\ ha^{-1}$)

is obtained with the application of 180 kg ha⁻¹ of N and 60 kg ha⁻¹ of K₂O. The yield of sugar and alcohol increases with levels of fertilization Nitrogen content above 120 kg ha⁻¹. The technological quality characteristics of Brix, POLcaldo, POLcana, POLcana, purity and fiber presented better performance with the application of 180 kg ha⁻¹ of N and 60 kg ha⁻¹ of K₂O.

Index terms: Sucrose, alcohol, harvest

INTRODUÇÃO

Dos produtos obtidos da cana-de-açúcar, o álcool e o açúcar são os mais utilizados pela população contemporânea. Estimativas apontam para uma área colhida destinada à atividade sucroalcooleira no Brasil de 8.654,2 mil de hectares na safra 2015/2016. A produção de açúcar reduziu em 5,8% saindo de 35,6 para 33,5 milhões de toneladas na safra 2015/2016. Com relação ao etanol, houve aumento de 1,8 bilhões de litros ou 6,3% passando de 28,7 para 30,5 bilhões de litros na safra 2015/2016 (CONAB, 2016).

O rendimento em colmos e a produtividade de açúcar e de álcool da cana-de-açúcar irrigada dependem da quantidade de água aplicada, do manejo de irrigação combinado com a quantidade certa de adubação, da variedade, da idade do corte, do tipo de solo e do clima (SILVA et al., 2014).

No Brasil, a cana-de-açúcar é cultivada predominantemente em condições de sequeiro. Entretanto, muitas vezes a irrigação está presente na agricultura tecnificada, refletindo em maiores produtividades, melhor qualidade do produto e independência de chuva (DALRI et al., 2008).

Sem o uso da irrigação e da adubação, a produção da cultura pode ser afetada significativamente na quantidade de biomassa produzida e, especialmente, na qualidade tecnológica do produto. Essas duas práticas, conjuntamente com as condições climáticas do local de cultivo, são de grande importância para o desenvolvimento da planta e na sua produtividade (CORREIA et al., 2014).

No Nordeste, as áreas irrigadas com sistema de irrigação por aspersão convencional, utilizado normalmente como irrigação de salvação, apresentam um ganho médio de colmos de apenas 5,4 Mg ha⁻¹. Por outro lado, a irrigação por gotejamento subsuperficial, mesmo que ainda incipiente, tem proporcionado

produtividade de colmos de até 190 Mg ha⁻¹ (SOUZA et al., 2012), com ganhos de até 112,6 Mg ha⁻¹ em comparação ao sistema convencional, safra 2010/2011, com média de 77,4 Mg ha⁻¹. O gotejamento, aliado à prática da fertirrigação, proporciona melhor desenvolvimento das plantas, maior produtividade de colmos e um produto de melhor qualidade (ANDRADE JÚNIOR et al., 2012).

Estudos avaliando os efeitos da aplicação da irrigação e adubação na produção de biomassa e qualidade tecnológica do caldo de cana-de-açúcar são numerosos (DALRI et al., 2008; CARVALHO et al., 2009; TEIXEIRA FILHO et al., 2013). No caso da fertirrigação por gotejamento subsuperficial, destacam-se os estudos conduzidos por Carvalho et al. (2008), Dalri et al. (2008), Silva et al. (2009), Farias et al. (2009) e Gouveia Neto et al. (2012), que se propuseram a estudar a qualidade industrial da cana-de-açúcar irrigada e sob adubação. Porém, esses estudos foram conduzidos em condições de clima e solo distintas da região Nordeste do Brasil.

A fertirrigação com nitrogênio (N) e potássio (K₂O) torna-se uma prática cada vez mais pertinente para suprir as condições hídricas e exigências nutricionais da cana-de-açúcar, notadamente, quando cultivada sob gotejamento subsuperficial (ANDRADE JÚNIOR et al., 2012). Dada a carência de estudos nessa linha, especialmente na região Nordeste, propôs-se esse trabalho a avaliar a produtividade de colmos, os parâmetros tecnológicos que afetam a qualidade do caldo e os rendimentos de açúcar e álcool em resposta a níveis de N e K₂O sob fertirrigação em cana planta.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido no Campo Experimental da Embrapa Meio-Norte, em Teresina, PI (5°05'S e 42°29'W, a 72 m de altitude). O clima da região, segundo classificação climática de Thornthwaite e Mather (1955), é C1sA'a', caracterizado como subúmido seco, megatérmico, com excedente hídrico moderado no verão e uma concentração de 32,2% da evapotranspiração potencial no trimestre setembro, outubro e novembro (BASTOS; ANDRADE JÚNIOR, 2014). O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo distrófico (MELO et al., 2014), cuja caracterização química e físico-hídrica é apresentada na Tabela 1. A área foi anteriormente ocupada pela cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas*) por sete anos,

o que pode justificar o alto teor de potássio, na camada de 0 a 0,2 m, em decorrência das adubações efetuadas na cultura.

A variedade de cana-de-açúcar foi a RB92579, ciclo de cana planta, caracterizada por uma alta produtividade agrícola, alto perfilhamento em cana-planta e soca, bom fechamento em linhas, porte alto, frequente tombamento, maturação média a tardia, Período de Utilização Industrial (PUI) longo, elevado açúcar total recuperável (ATR) e rápida recuperação ao estresse hídrico (DAROS et al.,2010).

Tabela 1. Caracterização química e físico-hídrica do solo da área experimental.

Teresina, PI.

Parâmetros	Profundidade (m)		
	0 – 0,2	0,2 – 0,4	0,4 – 0,6
Parâmetros químicos			
MO (g kg ⁻¹)	13,88	7,64	6,46
pH H ₂ O	5,76	5,22	5,28
P (mg dm ⁻³)	16,21	13,56	12,77
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	3,30	3,85	4,73
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,07	0,95	1,27
Ca (cmol _c dm ⁻³)	1,21	0,38	0,42
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,69	0,11	0,10
K (cmol _c dm ⁻³)	0,23	0,07	0,12
Na (cmol _c dm ⁻³)	0,02	0,02	0,04
CTC (cmol _c dm ⁻³)	5,43	4,40	5,37
V (%)	39,59	13,18	12,63
m (%)	3,15	62,09	65,12
Parâmetros físico-hídricos			
Densidade (Mg m ⁻³)	1,434	1,603	1,577
Areia (g kg ⁻¹)	609,7	626,0	573,3
Silte (g kg ⁻¹)	278,8	225,3	245,7
Argila (g kg ⁻¹)	111,5	148,8	181,0
Θ _{cc} (m ³ m ⁻³)	0,245	0,245	0,268
Θ _{pmp} (m ³ m ⁻³)	0,055	0,081	0,125
CAD (mm)	37,97	32,85	28,59
AFD (mm)	18,98	16,43	14,30
Textura	Franco-arenoso	Franco-arenoso	Franco-arenoso

*CAD: capacidade de água disponível; AFD: água facilmente disponível; Θ_{cc}: capacidade de campo; Θ_{pmp}: ponto de mucha permanente

O espaçamento utilizado foi em fileira dupla de 1,5 m x 0,5 m x 2,0 m com um ciclo de cultivo de 366 dias, de junho de 2014 a junho de 2015. Os tratamentos fertirrigados foram aplicados de 04/08/2014 a 06/02/2015. Em seguida, foi efetuada apenas a irrigação da cultura até 16/02/2015, quando foi suspensa por causa do estabelecimento do período chuvoso na região. O solo foi preparado com uma aração e posteriormente gradeado para aberturados sulcos de plantio. A calagem do solo foi

realizada dois meses antes do plantio e constou de $2,0 \text{ t ha}^{-1}$ de Calcário Dolomítico, calculada de acordo com a análise química do solo.

O plantio foi manual, realizado em 06 de junho de 2014, os colmos, seccionados em seguimentos de três gemas, distribuídos no sulco de 0,3 m de profundidade, de maneira a se obter uma média de 15 (quinze) gemas por metro linear.

Modelou-se o ensaio em um delineamento experimental, em blocos casualizados com quatro repetições. Para o presente estudo, foi utilizado o fatorial $2^x + 2X + 1$ (PIMENTEL GOMES, 2009). Os tratamentos foram constituídos por cinco níveis de N (N60, N80, N120, N160, N180) em kg ha^{-1} e cinco de níveis K_2O (K60, K80, K120, K160, K180) em kg ha^{-1} .

A aplicação dos níveis de N e K_2O via fertirrigação foram definidos como um percentual das respectivas doses recomendadas em função da análise do solo (DAS). Em fundação, foi aplicado 30% da dose recomendada de K_2O e P_2O_5 , cujas fontes foram, respectivamente, Cloreto de Potássio e Superfosfato triplo. Os 70% restantes foram aplicados via fertirrigação, onde foram utilizados como fonte de K_2O o Cloreto de Potássio, aplicado semanalmente e P_2O_5 que teve como fonte o Fosfato Monoamônico (MAP), aplicado mensalmente. O N foi aplicado 100% via fertirrigação e teve como fonte de N a ureia. As parcelas foram constituídas de três fileiras duplas de plantas, com comprimento de 10m por 6 m de largura, totalizando 60 m^2 e uma área útil de 40 m^2 formada pelas fileiras duplas centrais.

Os níveis de N e K_2O foram aplicados via fertirrigação, com uso de injetor hidráulico de deslocamento positivo (Bomba hidráulica TMB). O controle de abertura e fechamento das parcelas no campo, para aplicação das lâminas de irrigação e níveis de N e K_2O , foi por registros hidráulicos instalados em cavaletes nas entradas de cada uma das parcelas. As lâminas de água aplicadas foram medidas por um hidrômetro localizado no cabeçal de controle.

As fertirrigações foram divididas ao longo de seis meses do ciclo da cultura (Tabela 2). O parcelamento dos fertilizantes seguiu a recomendação de Andrade Júnior et al. (2012). Foram aplicados os micronutrientes $4,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de ácido bórico; $7,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de óxido de zinco; $6,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de óxido de cobre; $11,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de óxido de manganês e $1,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de molibdato de sódio uniformemente em todos os tratamentos via fertirrigação em seis meses.

Tabela 2. Distribuição de 100% da dose de nitrogênio (N) e 70% da dose de potássio (K_2O), aplicados via fertirrigação durante seis meses do ciclo da cultura.

Mês/Ano	N	K ₂ O
Ago/14	15%	10%
Set/14	20%	15%
Out/14	25%	20%
Nov/14	20%	25%
Dez/14	15%	20%
Jan/15	5%	10%

A lâmina de irrigação foi uniforme e aplicada com base na evapotranspiração da cultura (ET_c), a qual foi obtida pela evapotranspiração de referência (ET_o) estimada pelo método de Penman – Monteith, coeficientes de cultivo (K_c) de cana-de-açúcar, determinados na região (NOLÊTO, 2015), em escala de tempo diária, utilizando dados climáticos de estação meteorológica automática. Foi utilizado o sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial, com dois metros entre linhas gotejadoras (gotejadores a cada 0,60 m, vazão de 2,3 L h⁻¹, pressão de 200 kPa), enterradas a 0,25 m de profundidade, no centro das fileiras duplas da planta e uma intensidade de aplicação (I_a) de 1,92 mm/h (Figura 1).

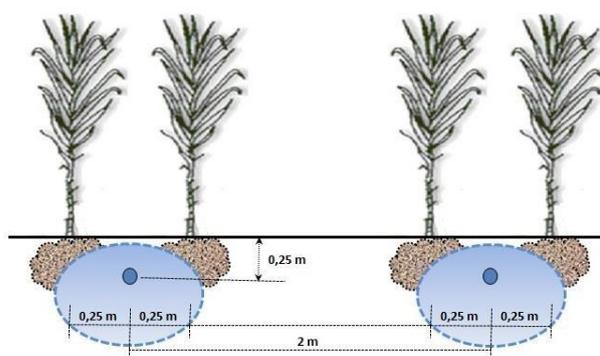


Figura 1. Detalhe do sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial em cana-de-açúcar.

A frequência de aplicação das lâminas de água foram sempre às segundas, quartas e sextas-feiras, com o manejo da irrigação baseado na leitura do hidrômetro. Na segunda-feira, aplicava-se a ET_c acumulada de sexta, sábado e domingo; na quarta-feira, aplicava-se a ET_c acumulada de segunda e terça-feira; e na sexta-feira, aplicava-se a ET_c acumulada de quarta-feira e quinta-feira.

Na colheita, avaliou-se o rendimento de colmos (TCH, Mg ha⁻¹), açúcar (RBAÇ, Mg h⁻¹) e álcool (RBA, m³ ha⁻¹) e os parâmetros tecnológicos de qualidade da cana-de-açúcar. A massa dos colmos foi medida em balança eletrônica do tipo dinamômetro e a determinação das variáveis tecnológicas: sólidos solúveis totais Brix (%), teor de Fibra (%), teor de pureza (PZA), percentagem de sacarose aparente no caldo (POLcaldo), percentagem de sacarose aparente na cana (POLcana) seguiram as recomendações da CONSECANA-PE, (2006). A estimativa de rendimento bruto de açúcar (RBAÇ) e de álcool (RBA) seguiram as equações de (CALDAS, 1998).

Usou-se a regressão na análise de variância, em função do teste *t*, obteve-se a seleção do melhor modelo com o auxílio das significâncias de cada parâmetro. A fim de facilitar a análise e a interpretação dos resultados (evitando a discussão de interações complexas), adotou-se um modelo reduzido, contendo os efeitos isolados linear e quadrático e pela interação dupla de primeiro grau, a seguir: $Y = b_0 + b_1N + b_2N^2 + b_3K + b_4K^2 + b_5NK$. Sendo que: *Y* - variável dependente; *b*₀ - constante de regressão; *b*₁,...,*b*₅: coeficiente de regressão e *N* e *K*: variáveis independentes, constituídas pelos níveis de Nitrogênio e Potássio, respectivamente.

A solução mais adequada foi em função também da interpretação biológica dos gráficos da função resposta. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se software SAS 14.1 (SAS INSTITUTE, 2015). O programa computacional Table Curve 3D (Jandel Scientific, San Rafael, CA, EUA) foi utilizado para a obtenção das superfícies de resposta da produtividade de colmos, rendimento de açúcar e de álcool e de qualidade tecnológica do caldo, em função dos níveis de *N* e de *K*₂O aplicados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As lâminas de irrigação aplicadas durante o período de condução dos tratamentos foram: 40,6 mm (agosto), 107,53 mm (setembro), 167,63 mm (outubro), 166,80 mm (novembro), 164,63 mm (dezembro), 101,52 mm (janeiro) e 36,46 mm (fevereiro). A lâmina de irrigação total aplicada durante o ensaio foi de 785,17mm. A lâmina de irrigação, mais a precipitação, totalizaram 1804,2 mm. Esse valor situa-se dentro da faixa recomendada para cana-de-açúcar com ciclo de 12 (doze) meses, que varia de 1.500 a 2.000 mm (DOORENBOS; KASSAM, 1979).

Foi observada uma precipitação total de 1.019 mm entre junho de 2014 a junho de 2015 (Figura 2). Os maiores índices de chuva foram registrados nos meses de fevereiro, março e abril de 2015, totalizando 792 mm, que coincide justamente com o trimestre mais chuvoso na região (BASTOS; ANDRADE JÚNIOR, 2014).

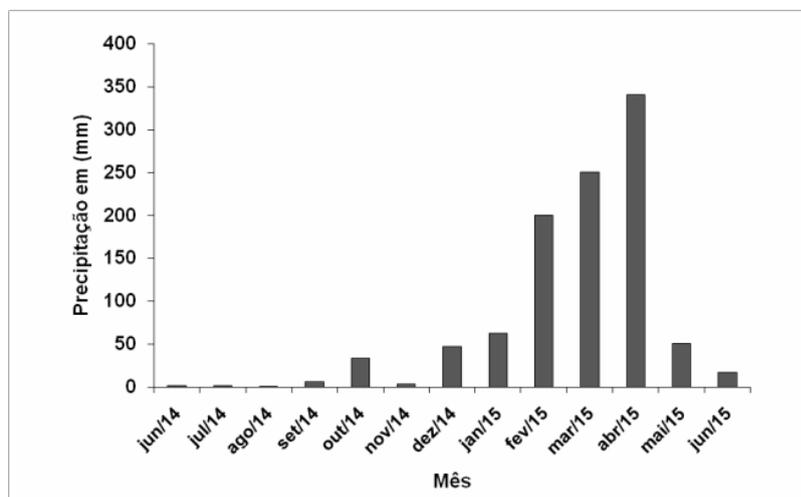


Figura 2. Precipitação pluviométrica correspondente aos meses de agosto de 2014 a junho de 2015. Dados obtidos da Estação Meteorológica do INMET, instalada na Embrapa Meio-Norte.

As regressões ajustadas para estimar as variáveis de rendimento TCH, RBAÇ, RBA e qualidade agroindustrial Brix, POLcaldo, POLcana, pureza (PZA) e fibra (Variáveis dependentes) em função das combinações dos níveis de N e K₂O (variáveis independentes) encontram-se na Tabela 3. Observou-se interação ($p \leq 0,001$) entre N e K₂O no rendimento de colmo por hectare e um valor estimado 165,59 Mg ha⁻¹.

A resposta quadrática de TCH às doses de nitrogênio aplicadas demonstra haver incremento da produtividade de colmos de cana-de-açúcar com a aplicação de 102,1 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 104,7 kg ha⁻¹ de K₂O. Este valor está acima dos 41 kg ha⁻¹ de nitrogênio, obtidos por May et al. (2016) para uma função quadrática de produtividade de colmo com quatro diferentes doses 0, 20, 40 e 60 kg ha⁻¹.

Observou-se efeito quadrático ($0,10 \geq P > 0,05$) de N e também quadrático ($P \leq 0,001$) de K₂O sobre Brix com um valor estimado de 15,5%. Situação semelhante aconteceu para POLcaldo, POLcana e Pureza (PZA) com efeito quadrático tanto para N quanto para K₂O (Tabela 3). Os valores estimados foram 12,12%, 10,13% e 78,04%, respectivamente, com os seguintes níveis críticos: 130,7 kg ha⁻¹ de N e 112,86 kg ha⁻¹ de K₂O para Brix, 120,3 kg ha⁻¹ de N e 119,42 kg ha⁻¹ de K₂O para POLcaldo e 120,9 kg ha⁻¹ de N e 120,3 kg ha⁻¹ de K₂O para POLcana, sugerindo que os parâmetros

foram afetados isoladamente pelos níveis de N e K₂O. A interação nitrogênio versus potássio (NK) para estes parâmetros apresentaram efeito não significativo.

Carvalho et al. (2008), em um experimento com diferentes lâminas de irrigação aplicadas por aspersão tipo pivô central em dois níveis de adubação nitrogenada e potássica (N₀=28 kg ha⁻¹ de N e 44 kg ha⁻¹ de K₂O; N₁= 112 kg ha⁻¹ de N e 164 kg ha⁻¹ de K₂O), não obtiveram significância entre os fatores estudados para sólidos solúveis (Brix). Autores, como, Dalri et al. (2008), Silva et al. (2009) e Gouveia Neto et al. (2012), estudaram a qualidade agroindustrial da cana-de-açúcar irrigada e sob adubação, e concluíram que esses fatores não influenciaram nos parâmetros tecnológicos de qualidade do caldo.

O teor de fibra apresentou um comportamento quadrático ($0,01 \geq P > 0,001$) para o Nitrogênio, com valor estimado de 12,7% e ponto máximo de 123,1 kg ha⁻¹ de K₂O. Segundo Rhein (2012), em condições de solo bem irrigado, sem restrições do comprimento dos entrenós e do colmo, cujas paredes celulares apresentam desenvolvimento normal, é, portanto, o conteúdo das fibras condicionado às características da cultivar.

Houve interação ($0,05 \geq P > 0,01$) entre N e K₂O tanto para rendimento de açúcar como para rendimento de álcool com o mínimo de 122,6 kg ha⁻¹ de N e 132,6 kg ha⁻¹ de K₂O e 123,6 kg ha⁻¹ de N e 123,8 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente. O valor estimado foi de 16,9 Mg ha⁻¹ para RBAÇ e 13,07 m³ ha⁻¹ para RBA, decorrente da influência significativa da adubação.

Carvalho et al., (2009) em pesquisa com cana-planta obtiveram rendimento máximo para açúcar de 15,29 Mg ha⁻¹ e álcool 10,88 m³ha⁻¹ quando aplicaram 276 kg ha⁻¹ (112 de N mais 164 de K₂O), sendo os valores dos autores citados menores que os verificados no presente trabalho.

Tabela 3. Equações de regressão referente aos parâmetros de qualidade do caldo e produtividade da cana-de-açúcar fertirrigada em Teresina Piauí, 2015¹.

Variável	Intercepto	N	N ²	K	K ²	NK	R ²	Tipo	(N)	(K)	Val. Est
TCH	147,68	-0,3773 ^{ns}	0,0052 ^{**}	0,7380 ^{**}	---	-0,0070 ^{***}	0,85 ^{***}	Min	102,1	104,7	165,59
Brix	29,3342	-0,0784 ^o	0,0003 ^o	-0,1535 ^{***}	0,0006 ^{***}	---	0,63 ^{**}	Min	130,7	112,86	15,54
POLcaldo	28,6136	-0,1083 ^{**}	0,0004 ^{**}	-0,1671 ^{***}	0,0007 ^{***}	---	0,35 ^{**}	Min	120,3	119,42	12,12
POLcana	24,6586	-0,0918 ^{**}	0,0004 ^{**}	-0,1492 ^{***}	0,0006 ^{***}	---	0,39 ^{**}	Min	120,9	120,33	10,13
PZA	107,56	-0,2873 ^{**}	0,0012 ^{***}	-0,2024 [*]	0,0008 [*]	---	0,36 [*]	Min	114,0	129,80	78,04
Fibra	9,5105	0,0521 ^{**}	-0,00021 ^{**}	---	---	---	---	Max	---	123,1	12,72
RBAÇ	32,3868	-0,1636 [*]	0,0011 ^{***}	-0,0811 ^{ns}	0,0007 [*]	-0,0009 [*]	0,52 ^{***}	Min	122,6	132,6	16,97
RBA	24,1372	-0,1112 [*]	0,0007 ^{**}	-0,0674 ^{ns}	0,0005 [*]	-0,0005 [*]	0,65 ^{**}	Min	123,6	123,8	13,07

^{1***}: $P \leq 0,001$; ^{**} $0,01 \geq P > 0,001$; ^{*} $0,05 \geq P > 0,01$; ^o $0,10 \geq P > 0,05$; ^Δ $0,15 \geq P > 0,10$; ^{ns} $P > 0,15$ nível de significância pelo teste "t".

Níveis crítico (N) (K): em kg ha⁻¹; Val. Est: Valor estimado.

TCH: Mg ha⁻¹; Brix: %; POLcaldo: %; POLcana: %; PZA: %; FIBRA: %; RBAÇ: Mg ha⁻¹; RBA: m³ ha⁻¹

Constatou-se interação significativa ($p \leq 0,001$) entre os níveis de N e K_2O aplicados ao ciclo de cana-planta, no rendimento de colmo o que indica a geração de superfícies de resposta para avaliação do efeito conjunto de nitrogênio e potássio deste parâmetro de produção (Tabela 3).

A superfície de resposta gerada para TCH apresenta ponto de sela, o que, segundo Pimentel Gomes (2009), é um problema bastante comum, pois são pontos críticos que têm simultaneamente características de máximo e de mínimo, mas não são nem uma coisa e nem outra (Figura 3).

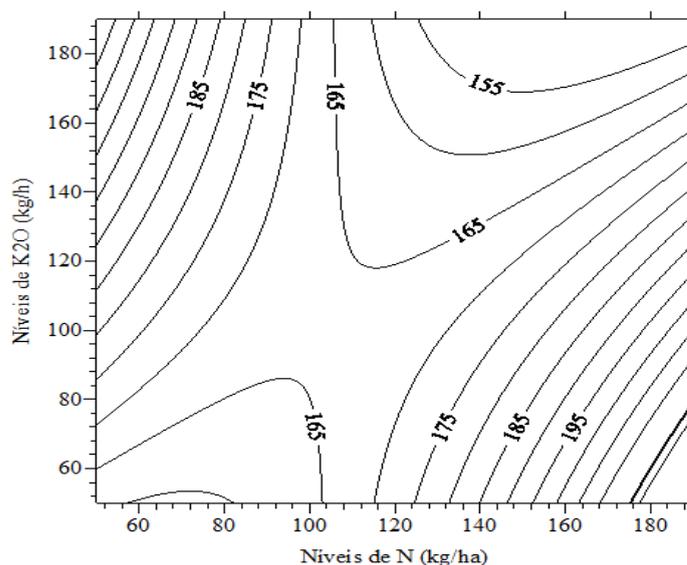


Figura 3. Superfície resposta da produtividade de colmos da cana-de-açúcar ($Mg\ ha^{-1}$) em ciclo de cana-planta com a aplicação de N e K_2O via fertirrigação.

Quando se estimou TCH, obteve-se uma função de mínima com níveis críticos de $102,1\ kg\ ha^{-1}$ de N e $104,7\ kg\ ha^{-1}$ de K_2O aplicados via fertirrigação subsuperficial, e um valor de $165,59\ Mg\ ha^{-1}$ de rendimento de colmo (Tabela 3). Esse resultado pode ser visualizado na (Figura 3). No entanto os dados da superfície resposta sugere outras combinações de NK que podem proporcionar um intervalo de possíveis valores de TCH, dentro dos limites dos níveis de adubação utilizada, até o maior valor estimado de $217,5\ Mg\ ha^{-1}$ com $180\ kg\ ha^{-1}$ de N e $60\ kg\ ha^{-1}$ de K_2O .

O comportamento do valor estimado demonstra incrementos em TCH com a elevação dos níveis de N e uma maior flexibilidade na aplicação dos níveis de K_2O , contudo, sem afetar a produtividade de biomassa da cultura. Esse efeito pode ser explicado pelo teor de potássio já existente no solo do local do experimento $0,23\ cmol_c.dm^{-3}$ ($2,3\ mmol_c.dm^{-3}$), Tabela 1, acima do nível crítico indicado por Raij (1974) para a cultura da cana-de-açúcar ($2,1\ mmol_c.dm^{-3}$) e igual ao sugerido por Orlando Filho et al. (1981) de $2,3\ mmol_c.dm^{-3}$.

Teoricamente, existe maior possibilidade de resposta da cana-de-açúcar à aplicação dos fertilizantes potássicos em solos com concentração inicial de potássio classificado como baixo (SILVA et al., 2007; RAIJ, CANTARELLA 1997).

Andrade Júnior et al. (2012), aplicando uma lâmina de 1.154,0 mm e níveis ótimos de 114,2 kg ha⁻¹ de N e 60,1 kg ha⁻¹ de K₂O, via fertirrigação por gotejamento subsuperficial, obtiveram TCH máxima de 207,4 Mg ha⁻¹, em União, microrregião de Teresina - PI, para a cultivar RB867515 em primeira soca. O que reforça a possibilidade das diversas combinações de N e K₂O atingirem um bom rendimento de colmo, como demonstrado nesse trabalho.

Utilizando irrigação por gotejamento subsuperficial (IGS), Dalri et al, (2008) obtiveram TCH de 190,0 Mg ha⁻¹ aplicando a maior combinação de N e K₂O estabelecida no estudo (180 kg ha⁻¹ de N e 180 kg ha⁻¹ de K₂O), evidenciando que a fertirrigação nitrogenada e potássica em cana-de-açúcar eleva a produtividade de colmos da cultura.

Quanto às análises tecnológicas do caldo, não houve interação de N e K₂O para os parâmetros avaliados (Tabela 3). A Figura 4 demonstra que embora não afetado pela interação dos fertilizantes o Brix apresenta um ponto de mínima com os níveis críticos de 130,7 kg ha⁻¹ de N e 112,86 kg ha⁻¹ de K₂O, e a partir deste observa-se a associação de várias combinações de N e K₂O que podem ser adotadas como práticas pelos produtores, visando ganho em produtividade de Brix.

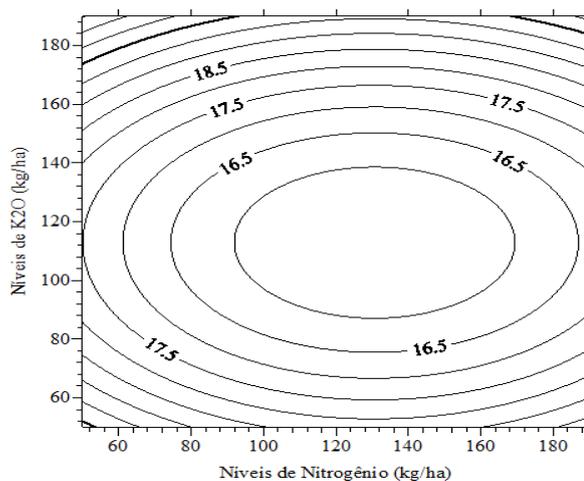


Figura 4. Superfície resposta para Brix do caldo da cana-de-açúcar em ciclo de cana-planta com aplicação de N e K₂O via fertirrigação.

Com a combinação 60 kg ha⁻¹ de N e 180 kg ha⁻¹ de K₂O obteve-se o maior valor estimado de 20,0% de Brix, notadamente com uma maior dose de potássio. Felipe (2008) enfatiza que o nutriente exportado em maior quantidade pela cana-de-açúcar é o potássio, tanto para a cana-planta quanto para a cana-soca.

Em um experimento com diferentes lâminas de irrigação aplicadas por aspersão tipo pivô central com dois níveis de adubação nitrogenada e potássica ($N_0=28 \text{ kg ha}^{-1}$ de N e 44 kg ha^{-1} de K_2O ; $N_1= 112 \text{ kg ha}^{-1}$ de N e 164 kg ha^{-1} de K_2O), Carvalho et al. (2008) não obtiveram significância entre os fatores estudados para sólidos solúveis (Brix).

Dalri et al, (2008), em ensaio experimental conduzido com irrigação subsuperficial utilizando NK50%, NK100% e NK150% da adubação padrão equivalente a $120 \text{ kg de N ha}^{-1}$ e $120 \text{ kg de } K_2O \text{ ha}^{-1}$, via fertirrigação, verificaram uma redução no teor de Brix saindo de 18,03 com a aplicação de NK50% para 17,5 quando aplicado NK100%. Outros autores também destacam a redução do Brix e do POL em cana-de-açúcar sob efeito de doses de nitrogênio superiores a 120 kg ha^{-1} (FRANCO, 2008).

As variáveis tecnológicas POLcaldo, POLcana, pureza e fibra não apresentaram interação entre os dois fertilizantes aplicados via fertirrigação subsuperficial N versus K_2O (Tabela 3), permitindo inferir que, o incremento dos seus valores estimados a partir dos pontos de mínimas (Tabela 3), ocorre com diversas combinações entre N e K_2O dentro dos níveis estabelecidos para as superfícies de resposta (Figura 5 A, B e C).

Observa-se que esses parâmetros apresentaram pontos de mínimo $120,3 \text{ kg ha}^{-1}$ de N e $119,42 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O ; $120,9 \text{ kg ha}^{-1}$ N e $120,3 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O e $114,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de N e $129,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O , respectivamente, com valores estimados para POLcaldo = 12,1%, POLcana = 10,1%, PZA= 78,0% e Fibra = 12,7% (Tabela 3). No entanto outros valores podem ser estimados dentro dos níveis de N e K_2O pré-estabelecidos (Figura 5 A, B e C).

Esse comportamento é interessante já que permite maior flexibilidade na aplicação da melhor dose de N e K_2O em função do preço dos fertilizantes.

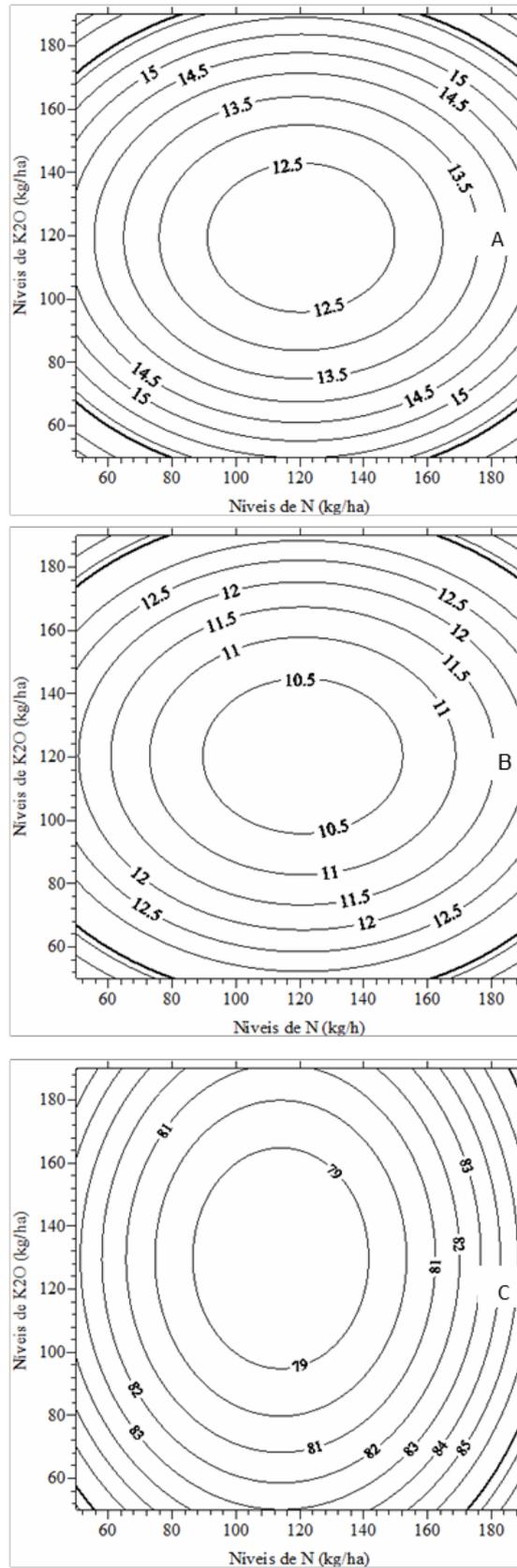


Figura 5. Superfície resposta do percentual de sacarose POL-Caldo (A), POL-Cana (B) e Pureza (C) da cultivar RB92579, ciclo de cana planta, com aplicação de N e K₂O via fertirrigação.

Oliveira et al. (2012) avaliando as características tecnológicas de duas variedades de cana-de-açúcar sob diferentes níveis de adubação e supressões de irrigação, observaram um comportamento crescente do POLcaldo em relação aos níveis de adubo. Os maiores valores obtidos foram com a adubação mais elevada (71 kg ha^{-1} de N e 166 kg ha^{-1} de K_2O), alcançando médias de 23,1% RB855453 e 20,7% SP801816. Os autores constataram que os níveis de adubação interferiram na qualidade do caldo, quando aplicaram a maior dose do elemento potássio e menor do nitrogênio.

Nesta pesquisa, a variedade demonstrou comportamento oposto, o nitrogênio interferiu no comportamento crescente do POLcaldo, POLcana e Pureza com a combinação apresentando a maior quantidade do nitrogênio e menor do potássio, podendo ser explicado devido a algumas variedades terem comportamentos distintos com relação ao nitrogênio, sendo capazes de utilizar mais do que outras, como também em relação ao acúmulo de sacarose, ou seja, altas doses podem não afetar a qualidade dos caldos (ROSSETTO et al., 2002).

Rhein et al. (2016) estudaram a qualidade tecnológica da cana-de-açúcar cv. SP80-3280 sob doses de nitrogênio via fertirrigação subsuperficial por gotejamento e obtiveram diferentes valores para POLcana, Brix e Pureza com a aplicação de 150 kg ha^{-1} de K_2O e cinco diferentes doses de nitrogênio 0,50,100,150 e 200 Kg ha^{-1} .

Considerando que os rendimentos de açúcar e álcool são resultados da produção de colmos, pode-se constatar semelhança entre esses parâmetros e o rendimento de colmo (TCH). Observou-se que houve interação significativa ($0,05 \geq p \geq 0,01$) entre os níveis de N e K_2O , aplicados no ciclo da cana-planta, o que indica a geração de superfícies de resposta para avaliar o efeito conjunto de nitrogênio e potássio no rendimento de açúcar e álcool (Tabela 3).

A aplicação dos tratamentos de modo análogo ao rendimento de colmo, proporcionou um valor estimado de $16,97 \text{ Mg ha}^{-1}$ de rendimento bruto de açúcar (RBAÇ) com o mínimo de $122,6 \text{ kg ha}^{-1}$ de N e $132,6 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O e $13,07 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de rendimento de álcool (RBAÇ), com mínimo $123,6 \text{ kg ha}^{-1}$ de N e $123,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O (Tabela 3). Esses valores foram maiores que as produções médias de açúcar $14,2 \text{ Mg ha}^{-1}$ e álcool $10,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ encontrados por Silva et al. (2009), trabalhando em um Argissolo com doses ($44 \text{ kg de N mais } 41 \text{ kg de } \text{K}_2\text{O}$), ($86 \text{ kg de N mais } 81 \text{ kg de } \text{K}_2\text{O}$), ($157 \text{ kg de N mais } 148 \text{ kg de } \text{K}_2\text{O}$), ($236 \text{ kg de N mais } 222 \text{ kg de } \text{K}_2\text{O}$) em cobertura e também maiores que os valores obtidos por Dantas Neto et al. (2006), para açúcar $12,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ e $8,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de álcool, utilizando 305 kg ha^{-1} da mistura, contendo N e K_2O na proporção 1 para 0,94, respectivamente.

As combinações de N e K₂O revelaram que, partindo dos níveis mínimos de N e K₂O verificados na Tabela 3, à medida que aumenta o nitrogênio e diminui o elemento potássio, ocorre um incremento de RBAÇ e RBA dentro de uma faixa de valores permitida pelos limites dos níveis de N e K₂O estabelecidos com os tratamentos (Figura 6). Isso indica que algumas variedades apresentam comportamento distinto com relação ao nitrogênio, sendo capazes de utilizar mais do que outras, sem, contudo, afetar a qualidade do caldo (ROSETTO et al., 2002).

Os maiores rendimentos estimados foram de 28,8 Mg ha⁻¹ para RBAÇ com a combinação dos níveis de 180 kg ha⁻¹ de N e 60 kg ha⁻¹ de K₂O e de 19,0 m³ha⁻¹ para RBA com 180 kg ha⁻¹ de N e 60 kg ha⁻¹ de K₂O (Figura 6 A e B). Esse incremento no rendimento de açúcar e álcool torna-se mais perceptível a partir da combinação de níveis mais elevados de N, notadamente acima de 120 kg ha⁻¹ até a maior dose com 180 kg ha⁻¹ e com valores de K₂O de 60 kg ha⁻¹, de modo análogo à produtividade de colmos. Essa resposta com menor dose de K₂O, pode ter sido favorecida pelo teor de potássio já existente no solo do local do experimento (2,3 mmol_c.dm⁻³), devido à adubação da cultura anterior.

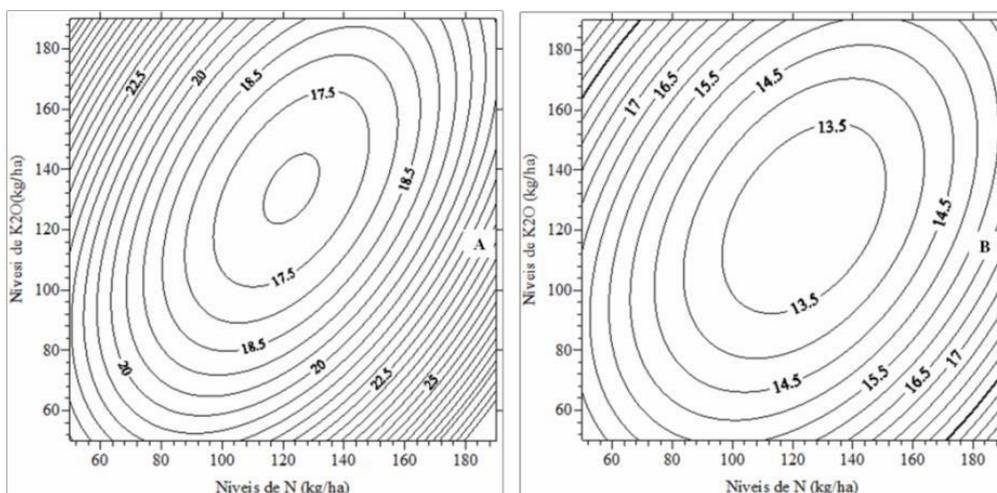


Figura 6. Superfície resposta do rendimento de açúcar RBAÇ (A) e rendimento de álcool RBA (B) da cultivar RB 92579 ciclos de cana-planta com aplicação de N e K₂O via fertirrigação.

Rosseto (2008) esclarece que, para uma estimativa de produtividade em cana-planta entre 100 e 150 Mg ha⁻¹ quando o solo possuir de 1,6 a 3,0 mmol_c.dm⁻³, aplicam-se 80 kg ha⁻¹ de K₂O, podendo ser considerado também para açúcar e álcool devido a sua relação direta com a produtividade de colmos. Esse valor é próximo dos 60 kg ha⁻¹ de K₂O encontrados nas figuras (6A e 6B) para o máximo rendimento de açúcar e álcool. Também Dalri et al. (2008), também o efeito residual da aplicação de N e de K₂O em plantios anteriores torna o solo mais fértil e reduz a demanda de nutrientes pela cultura.

Para rendimento de açúcar e álcool, Dantas Neto et al. (2006) obtiveram 12,58 t ha⁻¹ para RBAÇ e 8,91 m³ ha⁻¹ de RBA, Carvalho et al. (2008) alcançaram 12,29 t ha⁻¹ de RBAÇ e 6,89 m³ ha⁻¹ de RBA e Andrade Júnior et al. (2012) atingiram como máxima produtividade 23,3 Mg ha⁻¹ de RBAÇ e 20 m³ ha⁻¹ de RBA, considerando a irrigação e a adubação como fatores de interferência nesses parâmetros.

CONCLUSÕES

1. A máxima produtividade de colmos estimada (217,5 Mg ha⁻¹) é obtida com a aplicação de 180 kg ha⁻¹ de N e 60 kg ha⁻¹ de K₂O;
2. O rendimento de açúcar e álcool eleva-se com níveis de adubação nitrogenada acima de 120 kg ha⁻¹;
3. As características tecnológicas de qualidade da cana-de-açúcar Brix, POLcaldo, POLcana, pureza e fibra apresentam melhor desempenho com a aplicação de 180 kg ha⁻¹ de N e 60 kg ha⁻¹ de K₂O.

REFERÊNCIAS

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; RIBEIRO, V. Q.; DUARTE, J. A. L.; BRAGA, D. L.; NOLETO, D. H. Níveis de água, nitrogênio e potássio por gotejamento subsuperficial em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.1, p.76-84, 2012.

BASTOS, E.A.; ANDRADE JUNIOR, A.S. Boletim agrometeorológico de 2013 para o município de Teresina, Piauí. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2014. 38p (**Documentos / Embrapa Meio-Norte, ISSN 0104-866X; 228**).

CALDAS, C. **Manual de análises selecionadas para indústrias sucroalcooleiras**. Maceió: Sindicato da Indústria e do Álcool do Estado de Alagoas, 1998. 424p.

CARVALHO, C. M.; AZEVEDO, H. M.; NETO, J. D.; MELO, E. P.; SILVA, C. T. S.; FILHO, R. R. G. Resposta dos parâmetros tecnológicos da terceira folha de cana-de-açúcar submetida a diferentes níveis de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.3, n.4, p.337-342, 2008.

CARVALHO, C. M.; AZEVEDO, H. M.; DANTAS NETO, J.; FARIAS, C.H. A.; SILVA, C.T.S.; GOMES FILHO, R.R. Rendimento de açúcar e álcool da cana-de-açúcar submetidas a diferentes níveis de irrigação. **Revista Brasileira de ciências Agrárias**, v. 4, p. 72-74, 2009.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira: Cana-de-açúcar**, safra 2015/2016. Quarto levantamento, abril de 2016. Brasília: CONAB, 2016. 76p.

CONSECANA. Conselho dos Produtores de Cana-de-açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de Pernambuco. **Manual de Instruções**. 5ª ed. Piracicaba, 2006. 112 p.

CORREIA, C. B. G.; AZEVEDO, H. M.; NETO, J. D.; CARVALHO, C. M.; SILVA, L. L.; FEITOSA, S. O. Cana-de-açúcar: parâmetros tecnológicos em função de diferentes lâminas de irrigação e adubação de cobertura. **Revista Brasileira de Agricultura Irrrigada**, v. 8, nº.1, Fortaleza, p. 26 - 37, 2014.

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 Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.2, p.283–288, 2006.

DALRI, A. B.; CRUZ, R. L.; GARCIA, C.J.B. Irrigação por gotejamento subsuperficial na produção e qualidade da cana-de-açúcar. **Irriga**, v.13, n.1, p.1-11, jan./mar. 2008.

DAROS, E.; OLIVEIRA, R. A.; ZAMBON, J. L. C.; BESPALHOK FILHO, J. C. **Catálogo Nacional de Variedades “RB” de cana-de-açúcar**. RIDESA BRASIL, Curitiba, 2010, p.136.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Yield response to water. Rome: FAO, 1979. 193p. **Irrigation and Drainage Paper**, 33.

FARIAS, C. H. A.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; DANTAS NETO, J. Qualidade industrial de cana-de-açúcar sob irrigação e adubação com zinco, em Tabuleiro Costeiro

paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.4, p. 419-428, 2009.

FELIPE, D.C. **Produtividade da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*L.) submetida a diferentes épocas de plantio e a adubação mineral**. 2008. 69f. **Dissertação (Mestrado em Agronomia)**, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia. 2008.

FRANCO, H. C. J. **Eficiência Agronômica da adubação nitrogenada de cana-planta**. 2008. 127p. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

GOUVEIA NETO, G. C.; FARIAS, C. H. A.; FERNANDES, P. D.; DANTAS NETO, J.; XAVIER, D. A. Qualidade industrial da cana-de-açúcar sob irrigação e parcelamento de nitrogênio. In: IV WINOTEC- Workshop Internacional de inovação Tecnológica na Irrigação. Fortaleza – Ceará- Brasil. Maio de 2012.

MAY, A.; SANTOS, F. C.; SANTOS, M. de S.; SILVA, M. A.; BERETTA, V.Z. **Efeito de doses de nitrogênio sobre a produtividade de cana-de-açúcar em sucessão ao sorgo biomassa**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016.17 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento).

MELO, F. B.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; PESSOA, B. L. O. **Levantamento, zoneamento e mapeamento pedológico detalhado da área experimental da Embrapa Meio-Norte em Teresina, PI**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2014. 47 p. (Documentos / Embrapa Meio-Norte, ISSN 0104-866X; 231).

NOLETO, D.H. Coeficiente de cultura e demanda hídrica da cana-de-açúcar na microrregião de Teresina, Piauí. **Dissertação (mestrado)** – Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2015.

OLIVEIRA, F. M.; ASPIAZÚS, I.; KONDO, M. K.; DIAS BORGES, I. Avaliação tecnológica de variedades de cana-de-açúcar influenciadas por diferentes adubações e supressões de irrigação. **Revista Ceres**, v. 59, n.6, p. 832-840, 2012.

ORLANDO FILHO, J.; ZAMBELLO JÚNIOR. E.; RODELLA, A. A. Calibração de potássio no solo e recomendação de adubação para a cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, v.97, n.1, p. 18-24, 1981.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. São Paulo: Piracicaba, 2009. 451p.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H. Outras culturas industriais. In: RAIJ, B. V. et al. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1997. p. 233-244.

RAIJ, B. V. Calibração do potássio trocável em solos para feijão, algodão e cana-de-açúcar. **Ciência e Cultura**, v.26, n.6, p.575-576, 1974.

RHEIN, A. F. de L. **produtividade e qualidade da cana-de-açúcar sob doses de nitrogênio via fertirrigação subsuperficial por gotejamento. Tese (Doutorado)** - Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP - Câmpus de Botucatu, 2012.

RHEIN, A. F de L.; PINCELLI, R. P.; ARANTES, M.T.; DELLABLIA, W. J.; KOLLN, O.T.; SILVA, M. de A. Technological quality and yield of sugarcane grown under nitrogen doses via subsurface drip fertigation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.3, p.209–214, 2016.

ROSSETTO, R.; FARHAT, M.; FURLAN, R.; GIL, M. A.; SILVA, S. F. Eficiência agrônômica do fosfato natural na cultura da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIRO E ALCOOLEIROS DO BRASIL, Pernambuco. **Anais**, STAB, 2002, p.276-282.

SASINSTITUTE. **SAS/STAT®14.1UsersGuide**. Cary, 2015. Disponível em: <<http://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/68162/PDF/default/statug.pdf>> Acesso em: jan.2016.

SILVA, F. C. et al. Avaliação da adubação com nitrogênio e potássio em soqueiras de cana-de-açúcar sem queima. Campinas: Embrapa, 2007. (**Boletim de pesquisa e desenvolvimento**, 16).

SILVA, A. B.; DANTAS NETO, J.; FARIAS, C. H. A.; AZEVEDO, C. A. V.; AZEVEDO, H. M. Rendimento e qualidade da cana-de-açúcar irrigada sob adubações de nitrogênio e potássio em cobertura. **Revista Caatinga**, v.22, n.3, p. 236-241, 2009.

SILVA, M. A.; ARANTES, M.T.; RHEIN, A. F. L.; GAVA, G.J.C.; KOLLN, O.T. Potencial produtivo da cana-de-açúcar sob irrigação por gotejamento em função das variedades e ciclo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.3, p.241–249, 2014.

SOUZA, J. K. C.; SILVA, S.; NETO, J. D.; SILVA, M. B. R.; TEODORO, L. Importância da irrigação para a produção de cana-de-açúcar no nordeste do Brasil. **Revista Educação Agrícola Superior**, v.27, n.2, p.133-140, 2012.

TEXEIRA FILHO, M.C.M.; BUZETTILB, S.; GARCIA, C. M. P.; BENETT, C.G.S.; RODRIGUES, M. A. C.; MAESTRELO, P. R.; CELESTRINO, T. S.; GAZOL, R. N. Qualidade tecnológica e produtividade agroindustrial de cana-de-açúcar submetida a adubação com zinco. Semina: **Ciências Agrárias**, v. 34, n. 4, p. 1603-1614, 2013.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. New Jersey: Centerton, 1955. 104p.

CAPÍTULO II - Rendimento e qualidade da cana-de-açúcar sob fertirrigação e adubação convencional

RESUMO

Objetivou-se avaliar a produtividade de colmos e a qualidade tecnológica da cana-de-açúcar, cultivar RB92579, irrigada por gotejamento subsuperficial, aplicando-se nitrogênio (N) e potássio (K₂O) por fertirrigação e adubação tardicional via solo. O ensaio foi estruturado em um delineamento, disposto em blocos casualizados, com quatro repetições e cinco tratamentos. Os níveis de N e de K₂O (kg ha⁻¹) avaliados foram: N(80)K(80); N(160)K(160); N(120)K(120); N(60)K(120) e N(120)K(180), utilizando-se como fonte de N a ureia e de K₂O o cloreto de potássio. Analisaram-se parâmetros de rendimento e qualidade da cana-de-açúcar. Os tratamentos N(60)K(120), N(80)K(80), N(120)K(120) e N(160)K(160) Kg ha⁻¹, quando aplicados via fertirrigação proporciona efeito positivo para produtividade de colmo. Quando submetido à fertirrigação, o rendimento bruto de açúcar e de álcool apresentou efeito positivo para o tratamento N(80)K(80) e N(160)K(160) Kg ha⁻¹, enquanto que para a forma convencional esse efeito não foi evidenciado. As características tecnológicas avaliadas da cana-de-açúcar (RB92579) não foram alteradas em relação às duas formas de aplicação do N e K₂O.

Palavras-chave: Potássio, produção de colmos, *Saccharum spp*

Yield and quality of sugarcane under fertirrigation and conventional fertilization

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the yield of stalks and the technological quality of sugarcane, cultivar RB92579, irrigated by subsurface drip irrigation, applying nitrogen (N) and potassium (K₂O) by fertigation and late fertilization via soil. The experiment was structured in a randomized block design with four replications and five treatments. The levels of N and K₂O (kg ha⁻¹) evaluated were: N (80) K (80); N (160) K (160); N (120) K (120); N (60) K (120) and N (120) K (180), using as the source of N the urea and K₂O the potassium chloride. Parameters of yield and quality of sugarcane were analyzed. The treatments N (60) K (120), N (80) K (80), N (120) K (120) and N (160) K (160) Kg ha⁻¹, when applied via fertigation provides a positive effect for Thatch productivity. When submitted to fertigation, the crude sugar and alcohol yield had a positive effect for N (80) K (80) and N (160) K (160) Kg ha⁻¹, whereas for the conventional form this effect did not Wasevidenced. The evaluated

technological characteristics of sugarcane (RB92579) were not altered in relation to the two forms of application of N and K₂O.

Key – words: Potassium, Production of stalks, *Saccharum spp*

INTRODUÇÃO

Tradicionalmente, a adubação da cana-de-açúcar ocorre via solo seja manual ou mecanizada (AGROFITO, 2006). No entanto, a forma de aplicação dos fertilizantes, juntamente com outros critérios como a época de aplicação, pode ser determinante para o aumento da produtividade (DIAS e ROSSETO, 2006). A irrigação e fertirrigação são técnicas benéficas para a cultura da cana-de-açúcar, pois proporcionam melhor desenvolvimento das plantas, incremento na produtividade e um produto de melhor qualidade (ANDRADE JÚNIOR et al., 2012).

O emprego da técnica de adubação via fertirrigação, em termos de uniformidade de distribuição de fertilizantes, tem melhor resultado que a prática de distribuição convencional de fertilizantes, uma vez que é possível alcançar uniformidade igual à própria uniformidade de distribuição da água no sistema. Todavia, para obter-se sucesso com a fertirrigação, é necessária a otimização de vários fatores referentes ao emprego da técnica, sendo a distribuição homogênea dos fertilizantes um dos fatores mais importantes (OLIVEIRA; VILLAS BOAS, 2008).

Os fertilizantes nitrogenados e potássicos são os aplicados com maior frequência via água de irrigação, já que se tratam de fertilizantes bastante solúveis em água, cuja aplicação parcelada, de acordo com a demanda da cultura, aumenta a eficiência do uso desses nutrientes, reduzindo as perdas por lixiviação, bastante comuns na adubação convencional via solo (COELHO, 1994).

O K₂O e o N são os nutrientes mais requeridos pela cana-de-açúcar. No entanto, por apresentar elevada mobilidade no solo, principalmente nos mais arenosos, quantidades menores desses nutrientes devem ser aplicadas em cada parcelamento, a fim de diminuir as perdas por lixiviação (BORGES; SILVA, 2011). Nos solos tropicais, os teores de K₂O normalmente são baixos (geralmente inferiores a 1,5 mmol_cdm⁻³), tornando-se necessária sua complementação com fertilizantes para o alcance de produtividades sustentáveis (OTTO et al., 2010).

Nos últimos anos, a forma tradicional de aplicação de fertilizantes nas culturas irrigadas vem sendo substituída pela fertirrigação (PEIXOTO et al., 2006). Rhein et al. (2012) em trabalho realizado com cinco doses de N (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹) aplicadas via fertirrigação por gotejamento subsuperficial, ao avaliarem a qualidade e a produtividade

da cana-de-açúcar concluíram que as variáveis tecnológicas Brix, Pol%caldo, pureza% e açúcar total recuperável (ATR) da cultivar SP80-3280 de cana-de-açúcar foram alteradas com reduções significativas na dose de 200 kg ha⁻¹ de N. As produtividades de colmos e de açúcar aumentaram linearmente com o aumento de doses de Nitrogênio, via fertirrigação.

Entretanto, Andrade Júnior et al. (2012) salientam que o efeito das doses de nutrientes que maximiza a produtividade econômica da cana-de-açúcar, principalmente o nitrogênio e o potássio, depende da forma de aplicação e do fracionamento adotado. Por isso, embora seja uma técnica com elevado potencial para aumento da eficiência e redução dos custos da adubação, os estudos de doses e do fracionamento da aplicação necessitam ser executados nas regiões produtoras de cana.

O estudo teve por objetivo avaliar a produtividade de colmos, açúcar e álcool, bem como a qualidade tecnológica do caldo da cana-de-açúcar, cultivar RB92579, em resposta a aplicação de doses de N e K₂O, via fertirrigação por gotejamento subsuperficial em comparação a adubação tradicional, via solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido no Campo Experimental da Embrapa Meio-Norte, em Teresina – PI, 5°05'S, 42°29'W e 72 m. O clima da região, segundo classificação climática de Thornthwaite e Mather (1955), é C1sA'a', caracterizado como subúmido seco, megatérmico, com excedente hídrico moderado no verão e uma concentração de 32,2% da evapotranspiração potencial no trimestre setembro-outubro-novembro (BASTOS; ANDRADE JÚNIOR, 2014).

O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo distrófico, textura Franco-Arenoso (MELO et al., 2014), cuja caracterização química é apresentada na Tabela 1. A área do experimento esteve em repouso, tendo sido ocupada antes pela cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas*) por um período de sete anos, o que justifica a alta fertilidade do solo em decorrência do efeito residual das adubações anteriores.

Tabela 1. Caracterização química e físico-hídrica do solo da área experimental. Teresina, PI, 2015

Parâmetros	Profundidade (m)		
	0 – 0,20	0,20 – 0,40	0,40 – 0,60
MO (g kg ⁻¹)	13,88	7,64	6,46
pH H ₂ O	5,76	5,22	5,28
P (mg dm ⁻³)	16,21	13,56	12,77
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	3,30	3,85	4,73
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,07	0,95	1,27
Ca (cmol _c dm ⁻³)	1,21	0,38	0,42
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,69	0,11	0,10
K (cmol _c dm ⁻³)	0,23	0,07	0,12
Na (cmol _c dm ⁻³)	0,02	0,02	0,04
CTC (cmol _c dm ⁻³)	5,43	4,40	5,37
V (%)	39,59	13,18	12,63
m (%)	3,15	62,09	65,12

*Amostra de solo coletada antes da calagem

O solo foi preparado com uma aração e posteriormente gradeado para abertura dos sulcos de plantio. A calagem do solo foi realizada dois meses antes do plantio e constou de 2,0 t ha⁻¹ de calcário dolomítico com PRNT DE 90%, calculada de acordo com a análise química do solo.

O plantio foi manual, realizado em 06 de junho de 2014, com os colmos seccionados em seguimentos de três gemas, distribuídos no sulco de 0,3 m de profundidade, de maneira a se obter uma média de 15 (quinze) gemas por metro linear. O espaçamento utilizado foi em fileira dupla 1,5 m x 0,5 m x 2,0 m.

Foi utilizada a variedade RB92579, ciclo de cana planta, caracterizada por apresentar uma alta produtividade agrícola, alto perfilhamento em cana planta e cana soca, bom fechamento entre linhas, porte alto, frequente tombamento, maturação média a tardia, período de utilização industrial (PUI) longo, elevado açúcar total recuperável (ATR) e uma rápida recuperação ao estresse hídrico (DAROS et al.,2010).

A distribuição dos tratamentos ocorreu da seguinte forma: cinco combinações de N e K₂O que receberam aplicações via fertirrigação e cinco combinações aplicadas da forma tradicional, via solo, dividida em adubação de base e cobertura (Tabela 2). Todas as

parcelas dos tratamentos, independente das formas de aplicação dos fertilizantes, foram irrigadas por gotejamento subsuperficial.

Tabela 2. Tratamentos avaliados nos ensaios fertirrigados (F) e via solo (S)

Tratamento	N	K ₂ O
(F)	60	120
(F)	80	80
(F)	120	120
(F)	160	160
(F)	120	180
(S)	60	120
(S)	80	80
(S)	120	120
(S)	160	160
(S)	120	180

O ensaio foi estruturado em um delineamento, disposto em blocos casualizados, com quatro repetições e cinco tratamentos aplicados por fertirrigação e via solo, da forma tradicional. Os tratamentos foram constituídos pelas combinações: N60K120; N80K80; N120K120; N160K160; N120K180 sendo utilizada a ureia como fonte de N e cloreto de potássio como fonte de K₂O.

Nos tratamentos fertirrigados foram aplicados 100 kg de P₂O₅, da seguinte forma: 30% desse valor em plantio e 70% via fertirrigação. As fontes de P₂O₅ utilizadas foram o superfosfato triplo em fundação e o fosfato monoamônico (MAP), aplicado com frequência mensal, via água. Quanto ao nitrogênio 100% da dose recomendada foi aplicada via fertirrigação; e o potássio foi aplicado 30% da dose em fundação e 70% da dose recomendada via fertirrigação.

Os tratamentos com adubação convencional tiveram 100% de P₂O₅ e 30% de K₂O da adubação dos tratamentos aplicadas por ocasião do plantio. A adubação de cobertura foi dividida em duas doses, sendo 50% de N aos 60 e 120 dias após o plantio e, no caso do potássio, 35% aos 60 e 120 dias após o plantio, distribuídos ao lado das linhas de plantio. Os micronutrientes foram aplicados, uniformemente, em todos os tratamentos através de fertirrigação nas seguintes quantidades: 4,5 kg ha⁻¹ de ácido bórico; 7,0 kg ha⁻¹ de óxido de zinco; 6,0 kg ha⁻¹ de óxido de cobre; 11,0 kg ha⁻¹ de óxido de manganês e 1,0 kg ha⁻¹ de molibdato de sódio durante seis meses. O parcelamento dos fertilizantes seguiu a recomendação de Andrade Júnior et al. (2012).

As fertirrigações foram aplicadas de 04/08/2014 a 06/02/2015, por gotejamento subsuperficial, e divididas ao longo de seis meses do ciclo da cultura (Tabela 3) e, logo após, apenas irrigação com água até 16/02/2015 quando foi suspensa por conta do estabelecimento do período chuvoso na região. Os dados de temperatura do ar e precipitação pluviométrica, apresentados durante o período de avaliação, foram obtidos de uma estação meteorológica do INMET, instalada na Embrapa Meio-Norte.

Tabela 3. Distribuição de 100% da dose de nitrogênio (N) e 70% da dose de potássio (K₂O), aplicados via fertirrigação durante seis meses do ciclo da cultura.

Mês/Ano	N	K ₂ O
Ago/14	15%	10%
Set/14	20%	15%
Out/14	25%	20%
Nov/14	20%	25%
Dez/14	15%	20%
Jan/15	5%	10%

A lâmina de irrigação foi uniforme e aplicada com base na evapotranspiração da cultura (ET_c), na qual foi obtida pela Evapotranspiração de Referência (ET_o), estimada pelo método de Penman – Monteith e coeficientes de cultura (K_c) de cana-de-açúcar, determinados na região (NOLÊTO, 2015), em escala de tempo diária, utilizando dados climáticos de estação meteorológica automática.

Foi utilizado o sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial, com dois metros entre linhas gotejadoras (gotejadores a cada 0,60 m, vazão de 2,3 L h⁻¹, pressão de 200 kPa), enterradas a 0,25 m de profundidade, no centro das fileiras duplas da planta e uma intensidade de aplicação (I_a) de 1,92 mm/h (Figura 1).

A frequência de aplicação da irrigação foi sempre às segundas, quartas e sextas-feiras. Na segunda-feira, aplicava-se a ET_c acumulada de sexta, sábado e domingo; na quarta-feira, aplicava-se a ET_c acumulada de segunda e terça-feira; e na sexta-feira, aplicava-se a ET_c acumulada de quarta-feira e quinta-feira.

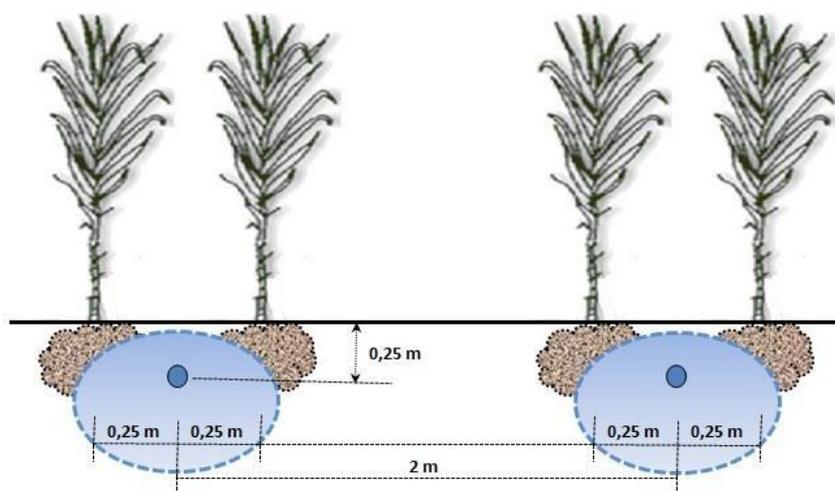


Figura 1. Detalhe do sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial em cana planta.

Na colheita, avaliou-se o rendimento de colmos (TCH, Mg ha^{-1}), de açúcar (RBAÇ, Mg h^{-1}) e de álcool (RBA, $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) e os parâmetros tecnológicos de qualidade do caldo da cana-de-açúcar: Brix (Brix%), teor de sacarose do caldo (POLcaldo), pureza (PZA, %), fibra (Fibra, %) e teor de sacarose da cana (POLcana). A medição da massa de colmo foi realizada em balança eletrônica do tipo dinamômetro na área do experimento.

Foram retiradas amostras de todas as parcelas e encaminhadas ao laboratório da COMVAP- Unidade Industrial de União - PI para determinação das variáveis tecnológicas: Brix(%), Fibra (%), PZA(%), POLcaldo (%) e POLcana (%). A recomendação adotada para a análise tecnológica do caldo seguiu as recomendações da (CONSECANA-PE, 2007).

Os dados de produtividade de colmo, açúcar e álcool e de qualidade tecnológica do caldo da cana-de-açúcar foram submetidos à análise de variância com uso do programa estatístico SAS 14.1 (SAS INSTITUTE, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição da água aplicada por irrigação e chuva durante o ciclo fenológico da cultura é apresentada na Figura 2. A precipitação foi de 1.019 mm entre setembro de 2014 e junho de 2015. A lâmina de irrigação aplicada foi de 744,6 mm durante a condução do experimento. A lâmina total aplicada de 1.763,6 mm dentro dos valores recomendados para a cana-de-açúcar, em ciclo de cana planta, que varia de 1.500 a 2.000 mm (DOORENBOS; KASSAM, 1979).

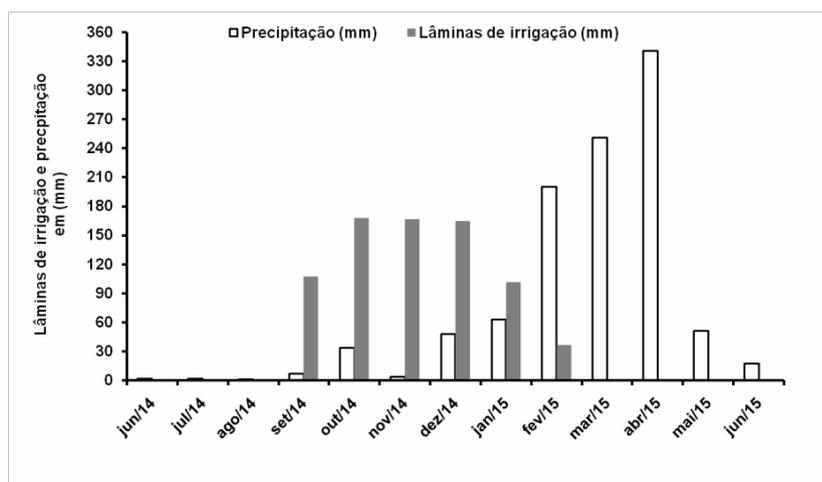


Figura 2. Distribuição da precipitação efetiva durante o ciclo da cana-de-açúcar mais a lâmina aplicada via irrigação subsuperficial.

O quadrado médio da análise de variância da Tabela 4 demonstra que os níveis de N e K_2O , aplicados nos tratamentos via fertirrigação, foram significativas pelo teste “F” para todos os parâmetros, com exceção da fibra. O que sugere um fornecimento de nutrientes de forma balanceada e na quantidade exigida pela cultura, disponibilizados exatamente onde e no momento que eles são necessários, incrementando produtividade e qualidade.

Nos tratamentos em que os níveis de N e K_2O foram aplicados da forma tradicional, via solo, com exceção da pureza e da fibra, todos os demais parâmetros apresentaram efeito significativo, indicando que tais parâmetros não sofreram efeito dos diferentes níveis de nitrogênio e potássio, estabelecidos neste trabalho, quando aplicados da forma tradicional. Prado e Pancelli (2006), com o objetivo de avaliar cinco doses de nitrogênio 0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ sobre a qualidade tecnológica de soqueira em cana-de-açúcar, distribuídos ao lado das linhas de plantio, verificaram efeito não significativo dos tratamentos nos parâmetros de qualidade tecnológica dos colmos, entre eles, pureza e fibra. Resultado esse contrário ao do presente trabalho.

Quando comparada as duas formas de aplicação fertirrigação, versus via solo, houve efeito significativo apenas para TCH, PZA, RBAÇ e RBA (Tabela 4). Esses resultados podem ser melhor definidos, analisando o resumo do efeito de contraste (Tabela 5).

Tabela 4. Quadrado médio referente a produtividade de colmos (TCH), parâmetros de qualidade do caldo da cana-de-açúcar: Brix, POLcaldo, pureza (PZA), fibra, POLcana e rendimentos bruto de açúcar (RBAÇ) e álcool (RBA) em resposta aos níveis de N e de K₂O aplicados por fertirrigação e adubação tradicional via solo. Teresina, Piauí, 2015.

		Quadrado Médio							
FV	GL	TCH Mg ha ⁻¹	BRIX %	POLcaldo %	PZA %	FIBRA %	POLcana %	RBAÇ Mg ha ⁻¹	RBA m ³ ha ⁻¹
Blocos	3	1162,96**	2,238*	0,559 ^{ns}	10,298 ^{ns}	0,474 ^{ns}	0,301 ^{ns}	29,240**	15,290**
Tratamentos	9	824,14**	4,257**	5,112**	19,800**	0,490 ^{ns}	3,863**	13,359**	6,555*
Trat. Via fert	4	485,31**	5,890**	8,451**	24,926**	0,565 ^{ns}	6,138**	12,022*	4,531*
Trat.via solo	4	500,00**	3,650**	3,033*	12,419 ^{ns}	0,079 ^{ns}	2,361**	11,752*	4,771*
Fert. vs Solo	1	347,96**	0,151 ^{ns}	0,076 ^{ns}	28,816*	1,837 ^{ns}	0,775 ^{ns}	25,132*	21,787**

¹ns: não significativo; ** nível de significância a 1%; * nível de significância a 5% pelo teste "F".

Tabela 5. Resumo do efeito de contraste (quadrado médio) da produtividade de colmose dos parâmetros de qualidade do caldo do colmo da cana-de-açúcar: Brix, POLcaldo, PZA, fibra, POLcana, RBAÇ e RBA fertirrigados e adubados via solo em Teresina Piauí, 2015.

Contraste								
Quadrado Médio								
FV	TCH	BRIX	POLcaldo	PZA	FIBRA	POLcana	RBAÇ	RBA
	Mg ha ⁻¹	%	%	%	%	%	Mg ha ⁻¹	m ³ ha ⁻¹
Fertvs Solo	3475,96**	0,1514 ^{ns}	0,0760 ^{ns}	28,8165*	1,8379*	0,7756 ^{ns}	25,1328*	21,7870**
Fertvs Solo N(80)K(80)	714,684*	1,0224 ^{ns}	1,9240 ^{ns}	0,0296 ^{ns}	0,1836 ^{ns}	1,3242 ^{ns}	22,9903*	8,4769*
Fertvs Solo N(160)K(160)	1252,626**	0,3003 ^{ns}	1,3845 ^{ns}	10,2405 ^{ns}	0,6324 ^{ns}	0,0490 ^{ns}	22,0946*	12,1081**
Fertvs Solo N(120)K(120)	926,651**	18,3954**	24,1877**	35,7097*	1,4461*	19,0304**	6,3209 ^{ns}	0,7694 ^{ns}
Fertvs Solo N(60)K(120)	865,30**	0,0297 ^{ns}	1,0828 ^{ns}	11,2900 ^{ns}	1,0602*	0,7813 ^{ns}	0,5886 ^{ns}	1,9041 ^{ns}
Fertvs Solo N(120)K(180)	97,015 ^{ns}	14,2311**	7,7193**	0,4964 ^{ns}	0,1803 ^{ns}	5,5121**	11,9829 ^{ns}	12,5550**

Fert: fertirrigação; Fertvs Solo: fertirrigação e aplicação de adubos via solo.

¹ns: não significativo; ** nível de significância a 1%; * nível de significância a 5% pelo teste "F".

TCH: toneladas de colmos por hectare; PZA: pureza; RBAÇ: rendimento bruto de açúcar; RBA: rendimento bruto de álcool.

Quanto aos contrastes de fertirrigação versus adubação via solo, com níveis iguais N(80)K(80), N(120)K(120) e N(160)K(160), comprovou-se que a variável produtividade de colmo (TCH, Mg ha⁻¹) apresentou efeito significativo ($p < 0,05$ e $p < 0,01$), com resposta da cana-de-açúcar em ambas as formas de aplicação (Tabela 5). Isto pode ser resultado dos níveis de nitrogênio adotados, pois, segundo Rossetto et al. (2002), a aplicação do nitrogênio aumenta a produtividade agrícola, todavia, pode diminuir a porcentagem de sacarose.

Algumas variedades têm comportamentos diversos com relação ao nitrogênio, como também em relação ao acúmulo de sacarose, ou seja, altas doses podem não afetar a qualidade do caldo da cana (OLIVEIRA et al., 2012), o que pode explicar o efeito não significativo obtido na maioria dos parâmetros de qualidade dos tratamentos N(80)K(80) e N(160)K(160).

Oliveira. (2010), utilizando o mesmo número de doses de N (0, 80, 100, 120 e 160 kg ha⁻¹), aplicadas manualmente em primeiro ciclo, observou, por conta dos seus dados da análise de variância, que os parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar não apresentaram diferença significativa para as diferentes doses de N, corroborando com o presente trabalho.

Caione et al. (2011), avaliando o efeito de cinco doses crescentes de K₂O (0, 60, 120, 180 e 240 kg ha⁻¹), porém com doses iniciais menores, aplicadas tradicionalmente da forma manual no solo, cultivar IAC 86-2480, não obtiveram efeitos significativos para a variável tecnológica Brix em resposta às doses aplicadas.

Com níveis diferentes de N e K₂O, o contraste fertirrigação versus aplicação tradicional, via solo, apresentou efeito significativo ($p < 0,01$) para produtividade de colmos por hectare (TCH Mg ha⁻¹) no tratamento N(60)K(120) (Tabela 5). Os parâmetros rendimento de açúcar e álcool, não sofreram efeito desse tratamento, assim como os parâmetros de qualidade Brix, POLcaldo, POLcana e pureza, com exceção da fibra que apresentou efeito significativo ($p < 0,05$) (Tabela 5).

Com o tratamento N(120)K(180), além da produtividade de colmos, também o rendimento de açúcar não expressou efeito significativo às doses de N e K₂O (Tabela 5), demonstrando essa relação direta do volume de colmos com o rendimento bruto de açúcar. Segundo Doorenbos e Kassan, (1979), o rendimento em açúcar depende da tonelagem de cana, do teor de açúcar e de sua qualidade.

O tratamento N(60) K(120) proporcionou efeito positivo da aplicação de N e K₂O via fertirrigação sobre a produtividade de colmos, com a média passando de 166,13 Mg ha⁻¹ obtida com aplicação via solo para 186,93 Mg ha⁻¹ com aplicação fertirrigada, cujos valores

diferem estatisticamente pelo teste F ($p < 0,05$). Essa mesma performance não foi observada para as variáveis rendimento de açúcar e álcool, não diferindo-se entre si diante dos tratamentos aplicados (Tabela 6).

Segundo Trivelin et al. (2002) e Franco. (2008), a quantidade total de açúcar por hectare torna-se superior em decorrência da maior produtividade de colmos. Oliveira et al. (2012), no entanto, afirma haver uma correlação entre a característica litros de álcool estimado por toneladas de cana e os percentuais de sacarose da planta medidos em Brix e POL. O que permite inferir sobre a semelhança estatística entre os parâmetros de rendimento (RBAÇ e RBA) via solo e fertirrigados, uma vez que Brix, POLcaldo e POLcana também foram semelhantes entre si ($p < 0,05$) para este tratamento (Tabela 6).

Dantas Neto et al. (2006) explicam que os rendimentos brutos de açúcar e de álcool dependem do rendimento do colmo e da percentagem bruta de açúcar do caldo (PCC). Esses mesmos autores obtiveram valores para rendimento bruto de açúcar de $12,58 \text{ Mg ha}^{-1}$ e para álcool $9,00 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ aplicando 157 kg ha^{-1} de N e 184 kg ha^{-1} de K_2O na forma convencional, valores menores do que os obtidos no presente trabalho.

Os níveis de valores iguais N(80)K(80) foram significativos ($p < 0,05$) tanto para produtividade de colmos quanto para rendimento bruto de açúcar e álcool (Tabela 6), indicando que essas divergências nos valores de açúcar e álcool, quanto às formas de aplicação, deveram-se basicamente às diferenças do rendimento de colmo, já que os parâmetros de qualidade do caldo não diferiram nesse tratamento.

Segundo Dantas Neto et al. (2006), os rendimentos brutos de açúcar e de álcool dependem do rendimento do colmo e da percentagem bruta de açúcar do caldo (PCC), condicionando os valores do presente trabalho à literatura, ou seja, maior produtividade de colmos, maior rendimento de açúcar e álcool.

As maiores médias $163,48 \text{ Mg ha}^{-1}$ de colmo, $20,31 \text{ Mg ha}^{-1}$ de açúcar e $14,93 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de álcool, foram observadas com N e K_2O aplicados via água de fertirrigação. Esses valores são bem maiores do que os verificados por Moura et al., (2005), quando aplicou doses semelhantes de NK, alcançando médias $89,89 \text{ t ha}^{-1}$ para rendimento de colmos e $12,32 \text{ t ha}^{-1}$ de açúcar e $8,89 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de álcool. Confirmando a eficiência dos nutrientes quando encaminhados via água de fertirrigação.

Semelhante aos níveis N(60)K(120), as variáveis de qualidade tecnológica não apresentaram diferenças significativas entre si ($P > 0,05$).

Tabela 6. Valores médios da produtividade de colmos (TCH), dos parâmetros de qualidade do caldo da cana-de-açúcar: Brix, POL%caldo (POLcaldo), pureza (PZA), fibra, POL%cana (POLcana) dos rendimentos bruto de açúcar (RBAÇ) e e álcool (RBA) sob fertirrigados e adubação tradicional via solo.

Médias									
N	K₂O	TCH	BRIX	POLcaldo	PZA	FIBRA	POLcana	RBAÇ	RBA
(kg ha⁻¹)	(kg ha⁻¹)	(Mg ha⁻¹)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(Mg ha⁻¹)	(m³ ha⁻¹)
60(F)	120(F)	186,93a	16,67a	13,22a	81,25a	12,77a	11,12a	20,72a	15,77a
60(S)	120(S)	166,13b	16,79a	13,96a	83,63a	12,04b	11,75a	20,17a	14,79a
80(F)	80(F)	163,48a	17,81a	15,38a	84,51a	12,50a	12,96a	20,31a	14,93a
80(S)	80(S)	144,58b	17,10a	14,40a	84,63a	12,20a	12,15a	16,92b	12,87b
120(F)	120(F)	166,49a	15,38b	11,82b	77,58b	12,67a	9,89b	16,44a	12,86a
120(S)	120(S)	144,96b	18,41a	15,29a	81,81a	11,82b	12,98a	18,22a	13,48a
160(F)	160(F)	161,60a	17,80a	14,63a	82,18a	12,61a	12,17a	19,70a	14,57a
160(S)	160(S)	136,57b	17,41a	13,79a	84,44a	12,05a	12,33a	16,37b	12,11b
120(F)	180(F)	160,01a	18,45a	14,88a	81,07a	11,83b	12,56a	18,37a	14,75a
120(S)	180(S)	153,05a	15,78b	12,91b	80,58a	12,13a	10,90b	15,93a	12,25b

¹Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste "F", a 5% de probabilidade.

F: tratamentos fertirrigados

S: tratamentos aplicação tradicional via solo

Moura et al. (2005), avaliando os efeitos de diferentes doses de N e K₂O, aplicados em cobertura da cana-soca (*Saccharum spp*, cultivar SP79 1011) cultivada com e sem irrigação, observaram nas parcelas irrigadas, influência significativa das doses de adubação, segundo um comportamento linear positivo, apenas para rendimento de colmos, açúcar e álcool, corroborando com o presente trabalho, enquanto que, nas parcelas não irrigadas, esse efeito só foi evidenciado no rendimento de colmos.

Citando os mesmos autores, quanto aos parâmetros de qualidade Brix e Pol, a interação regimes de irrigação versus doses de adubação de cobertura foram não significativas, mostrando que os dois fatores atuam independente um do outro.

Analisando os níveis N(120)K(120) observou-se efeito positivo ($p < 0,05$) da adubação com N e K₂O, aplicados via fertirrigação para produção de colmos (TCH, Mg ha⁻¹) em relação à forma convencional via solo. Entretanto, não houve diferença significativa ($p < 0,05$) para rendimento de açúcar e álcool entre as formas de aplicação. Porém, os parâmetros de qualidade Brix com média 18,41% (S), teor de sacarose do caldo (POLcaldo) com 15,29% (S), pureza com 81,81% (S) e teor de sacarose da cana (POLcana) com média de 12,98% (S), com exceção da fibra, apresentaram efeito positivo de N e K₂O para o tratamento via solo. O que sugere uma compensação pela forma de aplicação em relação à absorção dos nutrientes (Tabela 6).

Segundo Oliveira (2008), em estudo sobre dinâmica de nutrientes em cana-de-açúcar, no caso da adubação com N, esta deve ocorrer somente até os 120 dias após o plantio, por acreditar que, após o período mencionado, haja uma baixa na demanda do referido nutriente pela planta, corroborando com o presente trabalho, no qual as doses de N e K₂O via fertirrigação, ultrapassaram esse período, o que pode ter ocasionado essa diferença entre as médias dos parâmetros citados.

Como a fertirrigação trata-se de uma prática de aplicação de fertilizantes dissolvidos na água de irrigação de forma contínua ou intermitente (Texeira et al., 2007), acredita-se ser esse o motivo da aplicação via solo ter proporcionado maiores médias para Brix, POLcaldo, pureza e POLcana, que, entre si, têm uma relação direta, quando comparada à aplicação diluída e percolada do N e K₂O, que acontece na fertirrigação.

Quanto aos níveis N(160)K(160), observou-se que as variáveis produtividade de colmos (TCH, Mg ha⁻¹) e rendimento de açúcar (RBAÇ, Mg ha⁻¹) e álcool (RBA, m³ ha⁻¹) sofreram efeito positivo ($p < 0,05$) da adubação com N e K₂O, aplicados via

fertirrigação, com médias de 161,60 t ha⁻¹ (F), 19,70 t ha⁻¹(F) e 14,57 m³ ha⁻¹(F), respectivamente. Condição semelhante à observada no tratamento N(80)K(80), que reforça a ideia dessas divergências nos valores de açúcar e álcool, quanto às formas de aplicação, dever-se basicamente às diferenças do rendimento de colmo, já que os parâmetros de qualidade do caldo não diferiram nesses tratamentos.

Ressalta-se o aumento proporcionado pela fertirrigação à produtividade de colmos 25,03Mg ha⁻¹, rendimento de açúcar 3,33 Mg ha⁻¹ e 2,46 m³ ha⁻¹ no rendimento de álcool quando comparados com adubação tradicional via solo, o que demonstra elevado potencial para aumento da eficiência e redução dos custos da adubação por essa técnica (ANDRADE JÚNIOR et al., 2012).

CHEN et al. (2012) conduziram um experimento objetivando descobrir o efeito da fertirrigação por gotejamento subsuperficial em rendimento e qualidade da cana-de-açúcar. Esses autores avaliaram a fertirrigação por gotejamento, adubação convencional sem irrigação, adubação convencional com irrigação e concluíram que, a fertirrigação, diante dos demais tratamentos, inclusive adubação convencional com irrigação, promoveu o crescimento das plantas mais cedo e mais rápido o alongamento e aumento do diâmetro e, conseqüentemente maior rendimento da cana-de-açúcar, com isso melhorando a eficiência e utilização dos fertilizantes.

Não houve diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as aplicações para produtividade de colmos (TCH, Mg ha⁻¹) e rendimento bruto de açúcar (RBAÇ, Mg ha⁻¹) para os níveis N(120)K(180) (Tabela 6).

Entretanto, as médias obtidas para esses parâmetros, tanto para aplicação por fertirrigação, quanto para adubação via solo, apresentaram-se maiores do que as encontradas por Silva et al. (2009) usando como mais alta dosagem 236 kg de N e 222 kg de K₂O, obtendo 111,1 Mg ha⁻¹de colmos, 14,21 Mg ha⁻¹ de rendimento de açúcar e 10,18 m³ ha⁻¹ de álcool.

Os resultados encontrados para esse tratamento mostram que o K desempenha papel importante na produtividade de colmos, ficando mais evidente quando em solos com baixos teores de nutrientes (OTTO et al., 2010). Ainda segundo esses mesmos autores, doses excessivas de K, acima de 150 kg ha⁻¹, podem limitar o crescimento e a produtividade da cana-de-açúcar. Tal circunstancia pode ter condicionado o efeito não significativo entre fertirrigados (F) e via solo (S).

As variáveis Brix (18,45%), POL%caldo (14,88%), POL%cana (12,56%) e rendimento bruto de álcool (14,75 m³ ha⁻¹) apresentaram efeito positivo e diferença

significativa ($p < 0,05$) para aplicação de N e K_2O quando fertirrigados (Tabela 6), o que reforça a idéia de uma melhor eficiência da aplicação de nutrientes via água de irrigação por gotejamento subsuperficial.

Dalri et al. (2008), trabalhando com doses conjuntas de NK (60, 120 e 180 kg ha^{-1}) via irrigação por gotejamento subsuperficial (IGS) obtiveram valores entre 17,5 a 18,03% para Brix, 14,8 a 15,6% de Polcaldo e 13,08 a 13,8% para Polcana, concluindo não haver efeito dos tratamentos para esses parâmetros tecnológicos de qualidade da cana. Condição contrária foi obtida por Lana et al. (2004) que alcançou efeito positivo do parcelamento do potássio para qualidade tecnológica da cana-de-açúcar em cana-planta, corroborando com o presente trabalho.

CONCLUSÕES

- 1- Os tratamentos N(60)K(120), N(80)K(80), N(120)K(120) e N(160)K(160) $Kg\ ha^{-1}$, quando aplicados via fertirrigação proporciona efeito positivo para produtividade de colmo.
- 2- Quando submetido à fertirrigação, o rendimento bruto de açúcar e de álcool apresentou efeito positivo para o tratamento N(80)K(80) e N(160)K(160) $Kg\ ha^{-1}$, enquanto que para a forma convencional esse efeito não foi evidenciado.
- 3- As características tecnológicas avaliadas da cana-de-açúcar (RB92579) não foram alteradas em relação às duas formas de aplicação do N e K_2O .

REFERÊNCIAS

AGROFITO. Princípios da Fertirrigação. Informativo Agrofito - setembro//outubro 2006.

ANDRADE, C. de L. T. de. Seleção do sistema de irrigação. Circular Técnico 14. Sete Lagoas, MG Dezembro, 2001.

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; RIBEIRO, V. Q.; DUARTE, J. A. L.; BRAGA, D. L.; NOLETO, D. H. Níveis de água, nitrogênio e potássio por

gotejamento subsuperficial em cana-de-açúcar. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.47, n.1, p.76-84, 2012.

BORGES, A. L.; SILVA, D. J. Fertilizantes para fertirrigação. In_____ Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças/ editores técnicos. Valdemício Ferreira de Souza...[et al.], – 2ª Ed. – Brasília, DF: Embrapa, 2011. E-book: no formato e Pub, convertido do livro impresso.

CAIONE, G.; SILVA, A. F.; REIS, L. L.; DALCHIAVON, F. C.; TEXEIRA, M.T.R.; SANTOS, P. A. Doses de Potássio em cobertura na primeira soca da cultura da cana-de-açúcar cultivada no Norte Matogrossense. **Biosci. J.**, v. 27, n. 4, p. 572-580, 2011

COELHO, A.M. Fertirrigação. In:COSTA, E.F.; VIEIRA, R.F.; VIANA, P.A. (Ed.) **Quimigação**. Sete Lagoas: EMBRAPA/CNMS, 1994. p. 201-27.

CONSECANA – PE: Conselho dos produtores de cana-de-açúcar, açúcar e álcool do estado de Pernambuco; **Normas operacionais do sistema de pagamento de cana-de-açúcar**; Pernambuco Agosto – 2007.

CHEN, G.F., Q.Z. Tang, Y.R. Li, Y.Y. Huang, B. Liu, L. Xu, and H.R. Huang. 2012. Effects of sub-soil drip fertigation on sugarcane in field conditions. **Sugar Tech** 14(4): 418–421.

DALRI, A. B. **Irrigação em cana-de-açúcar**. In:_____. Atualização em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba: CP 2, 2006. cap.5, p.156-170.

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 Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.2, p.283–288, 2006.

DAROS, E.; OLIVEIRA, R. A.; ZAMBON, J. L. C.; BESPALHOK FILHO, J. C. **Catálogo Nacional de Variedades “RB” de cana-de-açúcar**. RIDESA BRASIL, Curitiba, 2010, p.136.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Yield response to water. Rome: FAO, 1979. 193p. **Irrigation and Drainage Paper**, 33.

FRANCO, H. C. J. **Eficiência Agronômica da adubação nitrogenada de cana-planta**. 2008. 127p. Tese (Doutorado em Agronomia – Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

HAAG, H.P. et. al. Nutrição mineral da cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S.B. (Coord.). **Cana-de-açúcar: Cultivo e Utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. V.1, p.88- 162.

LAMM, F. R.; TROOIJEN, T. P.; Subsurfacedrip irrigation for corn production: a review of 10 years of research in Kansas. **Irrigation Science**, v.22 p.195-200, 2003.

LANA, R.M.Q. et al. Parcelamento da adubação potássica na cana-planta. **Revista STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 23, n. 2, p. 28-31, 2004.

MAENDA, A. S. **Adubação nitrogenada e potássica em socas de cana-de-açúcar com e sem queima em solos do cerrado**. 110 f.Tese (Doutorado em agronomia – Área de concentração em Sistema de produção) Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2009.

MELO, F. B.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; PESSOA, B.L.O. Levantamento, zoneamento e mapeamento pedológico detalhado da área experimental da Embrapa Meio-Norte em Teresina, PI. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2014. 47 p. (**Documentos / Embrapa Meio-Norte**, ISSN 0104-866X; 231).

MUCHOW, R. C.; ROBERTSON, M. J.; WOOD, A. W.; KEATING, B. A. Effect of nitrogen on the time-course of sucrose accumulation in sugarcane. **Field Crops Research**, v. 47, p. 143-153, 1996.

NOLETO, D.H. Coeficiente de cultura e demanda hídrica da cana-de-açúcar na microrregião de Teresina, Piauí. **Dissertação (mestrado)** – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2015.

OLIVEIRA, M. V. A. M.; VILLAS BOAS, R. L. Uniformidade de distribuição do potássio e do nitrogênio em sistema de irrigação por gotejamento. **Eng. Agríc.** v.28, n.1, p.95-103, 2008

OLIVEIRA, E. C. A. Dinâmica de nutrientes na cana-de-açúcar em sistema de irrigação de produção. 2008. **Tese de doutorado**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PE. 2008.

OTTO, R.; VITTI, G. C.; LUZ, P. H. de C. Manejo da adubação potássica na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1137-1145, 2010.

PADILLA, W.A. Factores que limitanel crecimiento y desarrollo de las plantas. Segundo Curso Internacional de Fertirrigacion em cultivos protegidos. Universidade San Francisco de Quito, Quito – Ecuador, Maio 1998, p.1-10.

PEIXOTO, J.F.S.; GUERRA, H.O.C.; CHAVES, L.H.G. Alterações de atributos químicos do solo pela fertirrigação com nitrogênio e potássio. **Agropecuária Técnica**, v.27, n.2, p.69-76, 2006.

PRADO, R. M.; PANCELLI, M. A. Nutrição em soqueira e a qualidade tecnológica da cana-de-açúcar. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v25, p. 60-63, 2006.

QUINTANA, K. A.; ZANINI, J. R.; SILVA, E. R. da. Irrigação e fertirrigação por gotejamento em cana-de-açúcar na presença e ausência de boro. **Científica**, v.40, n.2, p.103 – 116, 2012.

RHEIN, A. F. produtividade e qualidade da cana-de-açúcar sob doses de nitrogênio via fertirrigação subsuperficial por gotejamento. **Tese (Doutorado)** - Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP - Câmpus de Botucatu, 2012.

ROSSETTO, R.; DIAS, F. L. F.; Nutrição e adubação da cana-de-açúcar: indagações e reflexões. **Encarte de informações agrônômicas**, n. 110, 2005.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT® 14.1 User s Guide**. Cary, 2015. Disponível em: <[http:// support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/68162/PDF/default/statug.pdf](http://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/68162/PDF/default/statug.pdf)> Acesso em: 26 jan.2016.

SILVEIRA, J. A. G.; CROCOMO, O. J. Efeitos de nitrogênio e potássio na utilização de nitrato e distribuição de carboidratos em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, n.6, p. 247-257, 1991.

TEXEIRA, L. A. J.; NATALE, W.; MARTINS, A. L. M. Nitrogênio e potássio via fertirrigação e adubação convencional-estado nutricional das bananeiras e produção de frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 1, p. 153-160, Abril 2007.

TRIVELIN, P. C. O.; VITTI, A. C.; OLIVEIRA, M. W.; GAVA, G. J. C.; SARRIÉS, G. A. Utilização de nitrogênio e produtividade da cana-de-açúcar (cana-planta) em solo arenoso com incorporação de resíduos da cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 193-201, 2002.

APÊNDICE

Apêndice A. Resumo da análise de variância (Quadrado médio) com desdobramento de efeito de tratamento, referente à produtividade e parâmetros de qualidade do colmo da cana-de-açúcar fertirrigada em Teresina Piauí, 2015.

FV	GL	Quadrado Médio							
		TCH	BRIX	POLcaldo	PZA	FIBRA	POLcana	RBAÇ	RBA
Efeito linear N`	1	61,093 ^{ns}	1,371 ^{ns}	0,000002 ^{ns}	11,604 ^{ns}	0,351 ^{ns}	0,049 ^{ns}	1,525 ^{ns}	0,544 ^{ns}
Efeito quadrático N``	1	1711,302 ^{**}	1,244 ^{ns}	0,013 ^{ns}	34,302 ^{**}	0,949 ^{ns}	0,076 ^{ns}	28,702 ^{**}	7,701 [*]
Efeito linear K`	1	629,602 [*]	4,291 [*]	0,233 ^{ns}	11,853 ^{ns}	0,091 ^{ns}	0,070 ^{ns}	13,693 [*]	0,270 ^{ns}
Efeito quadrático K``	1	20,508 ^{ns}	16,108 ^{**}	17,502 ^{**}	21,530 [*]	1,882 ^{**}	13,810 ^{**}	18,513 [*]	9,089 [*]
N` * K`	1	2033,919 ^{**}	0,009 ^{ns}	0,106 ^{ns}	6,142 ^{ns}	0,066 ^{ns}	0,077 ^{ns}	33,652 ^{**}	9,157 [*]
N` * K``	1	555,669 [*]	0,414 ^{ns}	0,497 ^{ns}	5,935 ^{ns}	0,461 ^{ns}	0,214 ^{ns}	18,383 [*]	3,834 ^{ns}
N`` * K`	1	155,530 ^{ns}	2,353 ^{ns}	10,509 ^{**}	77,603 ^{**}	0,008 ^{ns}	7,128 ^{**}	13,290 [*]	3,078 ^{ns}
N`` * K``	1	13,461 ^{ns}	10,867 ^{**}	22,320 ^{**}	49,613 ^{**}	1,884 ^{**}	13,946 ^{**}	56,386 ^{**}	7,628 [*]
(Trat)	(8)	647,64 ^{**}	4,582 ^{**}	6,397 ^{ns}	27,323 ^{**}	0,711 [*]	4,421 ^{**}	23,018 ^{**}	5,163 ^{**}
Bloco	3	1520,4 ^{**}	1,154 ^{ns}	1,732 ^{ns}	24,417 ^{**}	0,520 ^{ns}	1,288 ^{ns}	19,397 ^{**}	10,842 ^{**}
Erro	24	125,096	0,876	0,624	3,741	0,239	0,450	2,680	1,265
CV		6,47	5,46	5,66	2,38	3,95	5,72	8,22	7,55

Nível de significância pelo teste "F" : ** : $p \leq 0,01$; * : $0,05 \geq p \geq 0,01$; ns: $p > 0,05$

N: nitrogênio;

Apêndice B. Valores médios de produtividade de colmos (TCH), Brix, POL-Caldo, pureza (PZA), fibra, POL-Cana, rendimento bruto de açúcar (RBAÇ) e álcool (RBA) em função dos níveis de nitrogênio e potássio aplicados via fertirrigação.

Fator		TCH	BRIX	POL- Caldo	PZA	FIBRA	POL- Cana	RBAÇ	RBA
N	K ₂ O	Mg h ⁻¹	%	%	%	%	%	Mg h ⁻¹	m ³ ha ⁻¹
60	120	186,93	16,67	13,22	81,25	12,77	11,12	20,72	15,77
80	80	163,48	17,81	15,38	84,51	12,50	12,96	20,31	14,93
80	160	172,89	18,01	14,21	78,88	12,70	11,94	20,61	15,62
120	60	166,87	16,64	13,06	78,57	11,63	11,13	18,51	14,17
120	120	166,49	15,38	11,82	77,58	12,67	9,89	16,44	12,86
120	180	160,01	18,45	14,88	81,07	11,83	12,56	18,37	14,75
160	80	197,29	17,69	15,48	85,32	12,67	12,91	25,19	16,90
160	160	161,60	17,80	14,63	82,18	12,61	12,17	19,70	14,57
180	120	179,51	15,75	12,88	81,82	12,14	10,78	19,27	14,44
Média⁽¹⁾		172,79	17,13	13,95	81,24	12,39	11,72	19,90	14,89
C.V. (%)⁽²⁾		6,47	5,46	5,66	2,38	3,94	5,72	8,22	7,55

⁽¹⁾Valores de média; ⁽²⁾ Coeficiente de variação.

Apêndice C. Croqui da área experimental implantada com cana-de-açúcar variedade RB92579, fertirrigada e adubação tradicional via solo. Embrapa Meio-Norte Teresina-PI.

