

DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE CANA-DE-AÇUCAR IRRIGADA E ADUBADA COM DIFERENTES FONTES DE NITROGÊNIO

**GIOVANI SANTOS MORAES¹; LEONARDO NAZÁRIO SILVA DOS SANTOS¹;
FERNANDO NOBRE CUNHA¹; MARCONI BATISTA TEIXEIRA¹; EDSON
CABRAL DA SILVA¹; GABRIELA NOBRE CUNHA²**

¹*Departamento de Hidráulica e Irrigação, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rodovia Sul Goiana, km 01, Zona Rural, CEP: 75.901-970, Rio Verde GO, Brasil, giovanisantosrv@gmail.com, leonardo.santos@ifgoiano.edu.br, fernandonobrecunha@hotmail.com, marconibi@gmail.com, edsoncabralsilva@gmail.com*

²*Departamento de Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente, UniEVANGÉLICA, Av. Universitária km 3,5 Cidade Universitária, CEP: 75083-515, Anápolis GO, Brasil, gabriela-nc@hotmail.com*

1 RESUMO

Grande parte do nitrogênio aplicado na forma de fertilizantes não é aproveitado pela cultura de cana-de-açúcar no ciclo que recebeu a aplicação, cuja parte do remanescente no solo pode ser disponibilizada para as soqueiras subsequentes. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito residual de fontes e doses de nitrogênio, aplicados à cana-planta (IACSP 95-5000), nas variáveis biométricas e produtividade de colmos em primeira soqueira irrigada. O experimento foi conduzido em condições de campo, no município de Jataí - GO, em um Latossolo Vermelho distrófico, muito argiloso. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 2×4 , com três repetições. Os tratamentos consistiram na aplicação de duas fontes de nitrogênio (ureia e nitrato de amônio) e quatro doses (0, 60, 120 e 180 kg ha^{-1}) aplicadas de forma única em cana-planta no ciclo precedente. Durante a primeira soqueira foi aplicado 120 kg ha^{-1} de nitrogênio nas respectivas parcelas. No final do ciclo da primeira soqueira, foram avaliados diâmetro do colmo, altura de planta, número de entrenós, comprimento de entrenós e produtividade de colmos. As maiores doses de N aplicadas em cana-planta proporcionam melhores respostas na primeira soqueira.

Palavras-chave: *Sacharum officinarum* L., nitrato de amônio, ureia, fertilizante.

**MORAES, G. S.; SANTOS, L. N. S.; CUNHA, F. N.; TEIXEIRA, M. B.; SILVA, E. C.;
CUNHA, G. N.
DEVELOPMENT AND YIELD OF SUGARCANE IRRIGATED AND FERTILIZED
WITH DIFFERENT SOURCES OF NITROGEN**

2 ABSTRACT

Much of the nitrogen applied in the form of fertilizers is not used by the sugarcane crop in the cycle in which it was applied, and part of the remaining nitrogen in the soil can be made available for subsequent ratoon crops. Therefore, the objective of this study was to evaluate the residual effects of nitrogen sources and doses applied to sugarcane plants (IACSP 95--5000) on biometric variables and stalk productivity in the first irrigated ratoon crop. The experiment

was conducted under field conditions in the municipality of Jataí, GO, in a very clayey dystrophic Red Latosol (Oxisol). The experimental design used was randomized blocks, analyzed in a 2×4 factorial scheme, with three replications. The treatments consisted of the application of two nitrogen sources (urea and ammonium nitrate) and four doses (0, 60, 120 and 180 kg ha⁻¹) applied in a single manner to plant sugarcane in the previous cycle. During the first raton, 120 kg ha⁻¹ of nitrogen was applied to the respective plots. At the end of the first rat cycle, stem diameter, plant height, number of internodes, internode length and stem productivity were evaluated. Higher doses of N applied to sugarcane plants provide better responses in the first mouse.

Keywords: *Sacharum officinarum* L., ammonium nitrate, urea, fertilizer.

3 INTRODUÇÃO

Por ser uma cultura que se adapta às diversas regiões brasileiras, incluindo as regiões semiáridas, a cana-de-açúcar apresenta destaque na economia do país (CARMO *et al.*, 2017). As áreas destinadas à atividade sucroalcooleiras, devem atingir 8.627,9 mil hectares, sendo que o estado de São Paulo abrange 49,9% (4.305,4 mil hectares) de toda área nacional cultivada com cana-de-açúcar, seguido por Goiás 11,3%, (975,3 mil hectares) e Minas Gerais 11%, (950,7 mil hectares), logo esses estados com maior produção atingiram 517,38 milhões de toneladas, São Paulo sendo responsável por 356,19 milhões, Minas Gerais 81,88 milhões e Goiás 79,31 milhões (CANA-DE-AÇÚCAR, 2024).

Um fator necessário para se obter elevadas produtividades, segundo Thorburn *et al.* (2011) é a adubação de nitrogênio (N). Contudo, devido a sua dinâmica complexa no solo, o nitrogênio apresenta resposta variável nas culturas, o que motiva estudos mais aprimorados pela comunidade científica (AMARAL; MOLIN, 2011).

A resposta à adubação nitrogenada em cana-soca é mais evidente quando comparada à cana-planta, o que reflete em maior vigor das soqueiras, ou seja, aumenta o potencial de produção da cultura (VITTI; TRIVELIN, 2011; PENATTI, 2013). O manejo adequado referente à adubação nitrogenada em soqueira sem queima ainda

vem resultando dúvidas, visto que os teores de nitrogênio podem ser afetados diretamente pela palhada remanescente (ALVES, 2016). Segundo Fortes *et al.* (2013), a utilização do nitrogênio disponibilizado pelo processo de mineralização da palhada no final do ciclo da cultura da cana-de-açúcar pode ser uma forma de reduzir a necessidade de adubação mineral.

A matéria orgânica é uma importante fonte de N, cerca de 79% do nitrogênio encontrados nas plantas em ambientes tropicais são provenientes da matéria orgânica presente no solo (DOURADO NETO *et al.*, 2010). O aproveitamento do N proveniente de fertilizantes em solos com histórico de adubação em ciclos anteriores ultrapassa 30% do total aplicado (JORIS, 2015).

Outro fator que afeta a produtividade agroindustrial da cana-de-açúcar, é o déficit hídrico causado pela irregularidade de chuvas (SILVA *et al.*, 2014). Dessa forma, a irrigação e técnicas de manejo para aumentar a eficiência do uso da água, devem ser adotadas para se obter bons rendimentos (ORRILLO *et al.*, 2016). Em função do exposto, objetivou-se avaliar o efeito residual de fontes e doses de nitrogênio em primeira soqueira de cana-de-açúcar irrigada em um Latossolo Vermelho do cerrado.

O Brasil se destaca no cenário mundial da agricultura energética, cuja cana-de-açúcar é principal responsável (LEITE;

CRUSCIOL; SILVA, 2011). Segundo a FAO (2017), o Brasil é responsável por 40% da produção global.

Devido a sua importância e demanda na produção para que atenda às necessidades internas do país e possa exportar combustível, se tem a necessidade de grandes áreas plantadas de cana-de-açúcar (SÁNCHEZ-ROMÁN *et al.*, 2015). A crescente demanda no aumento na produção de cana-de-açúcar tem resultado em incrementos no investimento em tecnologias para aumentar a produtividade e qualidade industrial da madeira prima (DANTAS NETO *et al.*, 2006).

Devido a sua dinâmica complexa no solo, o nitrogênio é o nutriente que desperta maior atenção aos pesquisadores, por apresentar uma resposta variável nas culturas (AMARAL; MOLIN, 2011). A aplicação insuficiente de nitrogênio resulta menores rendimentos, menor qualidade e um aumento da vulnerabilidade a certas pragas (ABDEL-RAHMAN; AHMED; VAN DEN BERG, 2010).

No Brasil, a resposta à adubação nitrogenada é mais expressiva em soqueiras de cana-de-açúcar, do que em cana-planta, principalmente em regiões em que as soqueiras são cultivadas em períodos climáticos secos e frios ou secos e quentes, pouco favoráveis à mineralização do N orgânico (MAEDA, 2009). De acordo com Joris (2015), a resposta a altas doses de N em soqueira pode sugerir que a aplicação inferior a 120 kg ha⁻¹ em sistema de manejo com maior potencial produtivo pode comprometer a longevidade e produtividade da cultura. Com o aumento do nitrogênio aplicado, aumenta a proporção entre pontas e colmos, e chega a três vezes mais do que o normal na fase de crescimento, o que resulta no aumento vegetativo da planta (FRANZÉ, 2010).

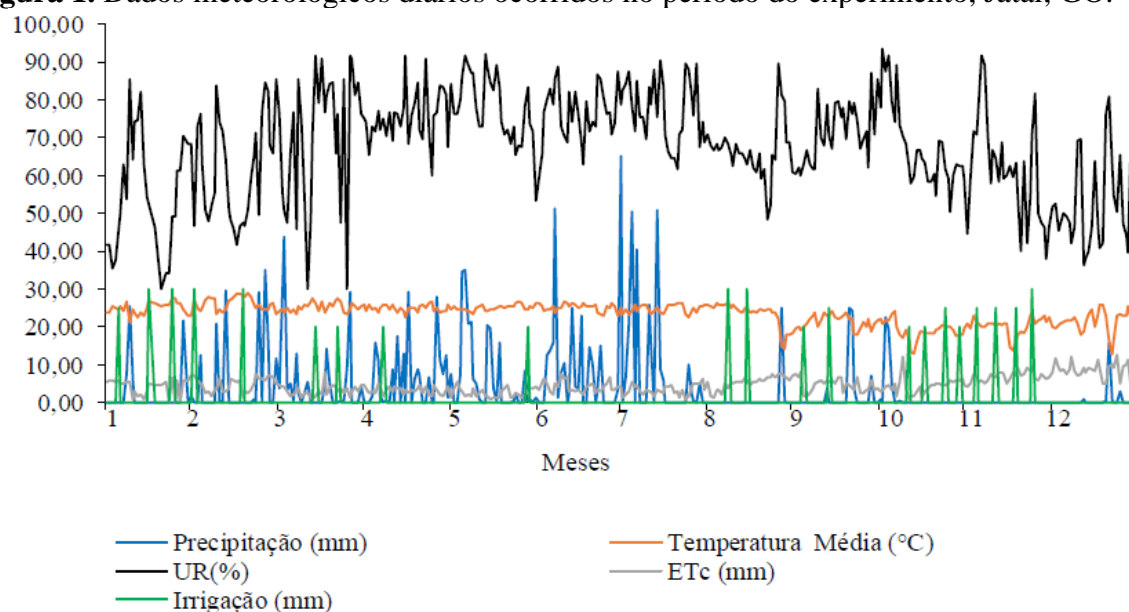
A ureia é a fonte nitrogenada mais utilizada no Brasil, em função do menor custo por unidade de nitrogênio quando comparado com as demais fontes nitrogenadas (TASCA *et al.*, 2011). Contudo, o problema da utilização da ureia é a perda por volatilização da amônia, que pode chegar até 60% do valor total quando aplicado na superfície (MEGDA, 2013). Dessa forma, a busca por maior eficiência na utilização do nitrogênio tem resultado no interesse pela utilização de fontes alternativas (SORATTO *et al.*, 2011).

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito residual das fontes e doses de nitrogênio aplicados à cana-planta nas variáveis biométricas e na produtividade de colmos em primeira soqueira irrigada em um Latossolo Vermelho do cerrado.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado sob condições de campo, na Usina Raízen, no município de Jataí, GO. Segundo Köppen (1928), o clima do local é do tipo Aw, tropical, caracterizado por um período chuvoso nos meses de outubro a abril, e seco nos meses de maio a setembro.

Durante a condução do experimento foram coletados os dados meteorológicos diários de temperatura (°C), umidade relativa (%) e precipitação diária (mm) foram obtidos por meio de estação meteorológica, situada no mesmo local do estudo, nesse período foram encontrados valores médios de temperatura de (23,44°C), umidade relativa (67,94%) e precipitação (4,11mm). A reposição hídrica foi realizada baseada na ETc diária da cultura (ALLEN *et al.*, 1989) como descrito na Figura 1.

Figura 1. Dados meteorológicos diários ocorridos no período do experimento, Jataí, GO.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico, muito argiloso (SANTOS *et al.*, 2018). Após a colheita da cana-de-açúcar, foram realizadas amostragens do solo, nas camadas de 0-10; 10-20; 20-40 cm, para a caracterização química do solo, conforme

metodologia proposta por Teixeira *et al.* (2017). Para as determinações físicas do solo, foram coletadas amostras de solo deformadas e indeformadas, com o auxílio de anéis de Uhlend, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40 cm. Verifica-se pela Tabela 1 os resultados das características do solo.

Tabela 1. Características químicas, físico-hídricas, granulométricas e textural do solo da área experimental

¹ Camada cm	pH CaCl ₂	M.O kg dm ⁻³	P _{resina} mg dm ⁻³	S	K	Ca	Mg	Al
0-10	6,0	89,0	39,0	4,0	2,0	50,0	23,0	<1
10-20	5,7	76,0	16,0	4,0	3,7	28,0	14,0	<1
20-40	5,5	53,0	9,0	16,0	4,0	13,0	7,0	<1
Camada m	H+Al mmol _c dm ⁻³	CTC	V %	B	Cu	Fe	Mn	Zn
0-10	18,0	93,9	81,0	0,2	1,2	33,0	4,7	2,4
10-20	20,0	65,7	70,0	0,15	1,2	28,0	2,4	1,4
20-40	25,0	49,0	49,0	0,20	1,0	23,0	0,9	0,4
Camada m	Granulometria (g kg ⁻¹)			Classificação textural			θ _{CC}	θ _{PMP}
	Areia	Silte	Argila				cm ³ cm ⁻³	
0-0,10	96,0	82,0	822,0	Muito argiloso				
0,10-0,20	97,0	82,0	822,0	Muito argiloso			46,3	22,6
0,20-0,40	85,0	71,0	845,0	Muito argiloso			45,8	22,6

¹θ_{CC} – Capacidade de campo; θ_{PMP} – ponto de murcha permanente; P, K, Ca e Mg: Resina; S: Fosfato de cálcio 0,01 mol L⁻¹; Al: KCl 1 mol L⁻¹; H+Al: SMP; B: água quente; Cu, Fe, Mn e Zn: DTPA; M.O - Matéria Orgânica; pH - em CaCl₂; CTC - Capacidade de troca de cátions; V - Saturação da CTC por bases.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, disposto em esquema fatorial 2×4 , com três repetições. Os fatores consistiram em duas fontes de N, (ureia e nitrato de amônia) e quatro doses (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹), aplicados em cana-planta.

Os demais tratos culturais relacionados à adubação de correção do solo foram realizados considerando-se expectativa de rendimento da cultura de 120 t ha⁻¹ em cana plana. Foram aplicados no sulco de plantio 100 kg ha⁻¹ de fósforo (P₂O₅), 80 kg ha⁻¹ de potássio (K₂O), e os micronutrientes, caso necessário, conforme resultados das análises de solo (SOUSA; LOBATO 2004), aos 60 dias após a rebrota da soqueira, foi aplicado a dose de 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio em todas as parcelas experimentais.

A área experimental foi composta por 1200,0 m², cada parcela foi constituída de cinco linhas de 5,0 m de comprimento, com espaçamento de 1,5 m, totalizando uma área de 37,5 m² por parcela experimental. Foi considerado como área útil da parcela, as duas linhas centrais de cada parcela, desprezando-se 2,0 m em cada extremidade.

O plantio foi realizado de forma mecanizada, com a variedade IACSP 95-5000, desenvolvida pelo IAC, caracterizada pela ótima performance no plantio e colheita mecanizada, boa brotação de soqueira sob palha, e ótimo desempenho no plantio de inverno. Os tratos culturais referentes ao controle de plantas invasoras, pragas e doenças foram realizados conforme a experiência da usina.

A irrigação foi realizada por um Pivô central com velocidade de 268 m h⁻¹ na última torre, o que possibilita aplicação de uma lâmina bruta mínima para uma volta a 100% de 1,35 mm. A lâmina de irrigação, foi conforme realizado comercialmente, através do software IRRIGER®. O software utiliza o método de Penman-Monteith, adaptado por Allen *et al.* (1989) para a estimativa da evapotranspiração em escala diária, com os

dados micrometeorológicos de radiação solar, temperatura do ar, velocidade do vento e umidade relativa do ar.

No momento da colheita, foram coletadas duas amostras em cada parcela experimental duas plantas para avaliação das variáveis: altura de planta (ALT), diâmetro do colmo (DC), número de entrenós (NE) e comprimento de entrenós (CE). A altura de planta foi mensurada com auxílio de uma fita métrica, a partir do solo até a folha +1. O diâmetro do colmo foi determinado com auxílio de um paquímetro digital na região basal da planta coletada. Número de entrenós foi obtido pela contagem dos colmos. Já o comprimento de entrenós, foi mensurado de um entrenó a outro com auxílio de uma régua graduada.

A produtividade de colmos (Toneladas colmos por hectare - TCH) foi determinada através da pesagem total dos colmos presentes na área útil das respectivas parcelas, o valor obtido foi extrapolado para (t ha⁻¹).

Os dados foram submetidos à análise de variância, aplicando-se o teste F ao nível de 1 e 5% de probabilidade. Quando significativa as variáveis quantitativas, foram ajustadas e submetidas equações de regressão. As variáveis qualitativas foram comparadas pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. O programa estatístico utilizado foi o SISVAR® (FERREIRA, 2011).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 é apresentada a análise de variância para as variáveis altura de planta (ALT), diâmetro de colmo (DC), número de entrenós (NE), comprimento de entrenós (CE) e produtividade (PROD). Para o fator dose, foi observado efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade para todas as variáveis avaliadas. Quanto ao fator fonte, foi observado efeito significativo a 1% para

ALT, DC e NE, enquanto PROD apresentou significância de 5% para o mesmo fator.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as variáveis produtividade de colmos (PC), altura de planta (ALT), diâmetro de colmo (DC), número de entrenós (NE), comprimento de entrenós (CE) e produtividade (PROD) em função das fontes e doses de nitrogênio

FV	GL	QM ¹				
		ALT	DC	NE	CE	PROD
Fontes	1	667,7**	3,38**	6,77**	0,20 ^{ns}	225,03*
Doses	3	714,53**	1,37**	1,83**	0,63**	2425,72**
Fontes x Doses	3	54,61 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,09 ^{ns}	73,99 ^{ns}
Bloco	2	134,72 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,08 ^{ns}	1021,74**
Resíduo	14	51,52	0,18	0,26	0,1	36,59
CV (%)		4,3	1,42	3,77	2,6	4,42

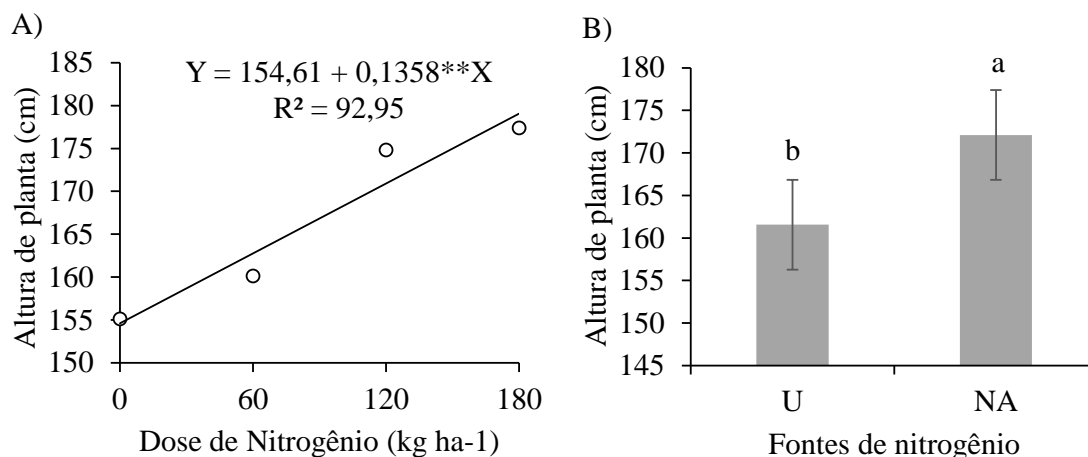
¹Altura de planta (ALT), diâmetro do colmo (DC), número de entrenós (NE), comprimento de entrenós (CE) e produtividade de colmos (PC) da cana-de-açúcar; Coeficiente de variação (CV), Fonte de variação (FV)- ** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, ^{ns} não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

A ALT em função das doses de nitrogênio para cana-de-açúcar se adequou a um modelo linear com R² de 92,95%. A maior ALT foi encontrada na dose de 180 kg ha⁻¹, cujos valores foram 13,65, 9,10 e 4,55% maior do que os observados nas doses 0, 60 e 120 kg ha⁻¹ aplicadas no ciclo precedente, respectivamente. De acordo com a equação de regressão obteve um acréscimo de 4,55% para cada aumento de 60 kg ha⁻¹ de N (Figura 2A). Cunha *et al.* (2016) relatou que a aplicação de N em solo de textura muito argilosa, resulta em um crescimento diário de 1,42 cm d⁻¹, valor esse 6,3% maior que na ausência de N. Bastos *et al.* (2017)

observaram incrementos na ALT somente quando aplicado de forma isolada. Dinh *et al.* (2017) em condições irrigadas observaram respostas mais expressivas com o aumento das quantidades de N aplicado, contudo, nas doses de 180 e 270 kg ha⁻¹ não houve diferenças significativas.

A aplicação de maiores doses de N proveniente do fertilizante resulta em um aumento linear positivo do efeito residual da adubação (BOLOGNA-CAMPBELL, 2007). Isto pode explicar a resposta crescente da altura de planta em função das doses de nitrogênio aplicadas no ciclo precedente observadas na Figura 2A.

Figura 2. Altura de planta, no ciclo de primeira soqueira, em função do residual das doses (0, 60, 120, 180 kg/ha) de nitrogênio (A) e das fontes (Ureia – U, Nitrato de amônia – NA) de nitrogênio (B). Médias seguidas das mesmas letras, dentro da mesma dose de N, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** e * significativo a 1 e a 5% de probabilidade pelo teste F.



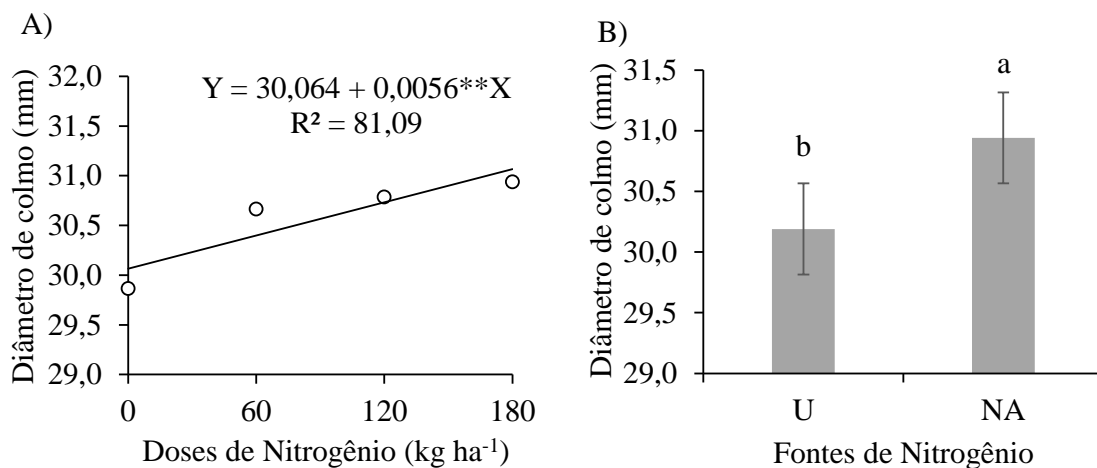
Observa-se na Figura 2B que houve efeito significativo para ALT em função das fontes de N aplicadas. Quando aplicado nitrato de amônio (NA), foi obtido a maior ALT de 172,11 cm, que corresponde a um incremento de 6,12%, quando comparado à aplicação de ureia (U). Gomes *et al.* (2018) em condições similares ao do estudo observaram um incremento de 5,33% maior na fonte nitrato de amônio quando comprado a ureia na dose de 180 kg ha⁻¹, respectivamente.

O DC em função das doses de nitrogênio aplicadas no ciclo precedente para cana-de-açúcar se adequou a um modelo linear, com R² de 81,09% (Figura 3A). O maior DC foi observado na dose de 180 kg ha⁻¹, sendo este 3,22, 2,15 e 1,07% maior do que os observados nas doses 0, 60

e 120 kg ha⁻¹, aplicadas no ciclo precedente, respectivamente. De acordo com a equação de regressão obteve um acréscimo de 1,07% para cada aumento de 60 kg ha⁻¹. Os resultados encontrados corroboram com os de Bastos *et al.* (2017) que relataram incrementos no diâmetro de colmo da cana-de-açúcar com a aplicação de N em cana-soca.

A dose de 100 kg ha⁻¹ de fertilizante nitrogenado em todas as parcelas de tratamentos implantados, provavelmente não supriu à exigência da cultura nas menores doses de N, comprometendo o vigor da soqueira (VITTI; TRIVELIN, 2011). O que pode explicar o incremento com o aumento das doses aplicadas no ciclo precedente observado na Figura 3A.

Figura 3. Diâmetro do colmo, no ciclo de primeira soqueira, em função do residual das doses (0, 60, 120, 180 kg/ha) de nitrogênio (A) e das fontes (Ureia – U, Nitrato de amônio – NA) de nitrogênio (B). Médias seguidas das mesmas letras, dentro da mesma dose de N, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** e * significativo a 1 e a 5% de probabilidade pelo teste F.



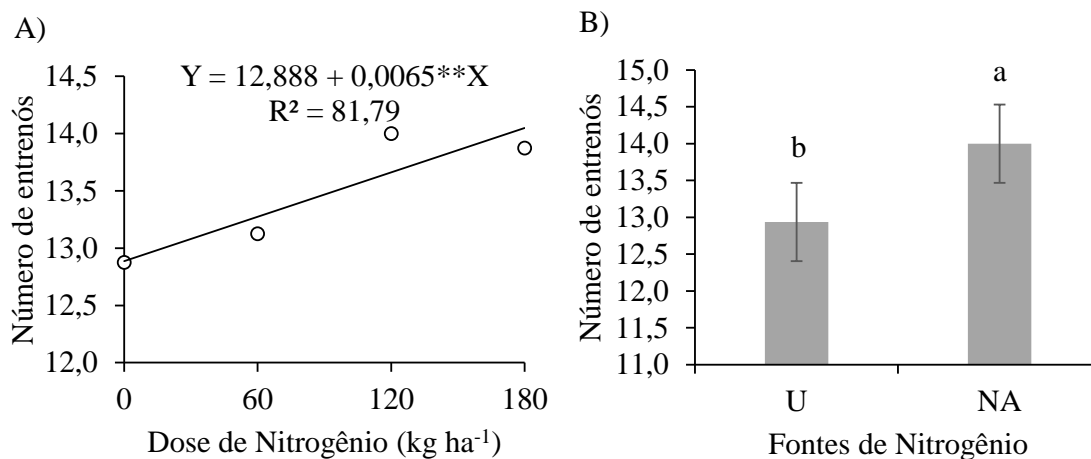
Foi constatado que houve efeito significativo das fontes de N no DC, observando diâmetro de 30,19 e 30,94 mm para ureia e nitrato de amônio, respectivamente (Figura 3B), com isso o diâmetro de colmo da cana-de-açúcar fertilizada com nitrato de amônio foi 2,42% maior do que o observado na cana-de-açúcar fertilizada com ureia. Esse incremento pode estar associado à maior disponibilidade do N, quando utilizado o nitrato de amônio, uma vez que a ureia apresenta maiores perdas por volatilização. Silva (2017) em condições similares, estudando a otimização de fontes e doses nitrogênio na cana-de-açúcar irrigada no cerrado, encontrou um diâmetro de colmo máximo de 33,72 mm, valores próximos ao encontrado neste estudo.

A utilização do nitrato de amônio reduz as perdas de N por volatilização e aumenta a disponibilidade de N (Marcelo, 2008), o que pode explicar a maior resposta da fonte nitrato de amônio no presente estudo. As perdas de N da ureia são variáveis em função da forma de aplicação, quando aplicada em faixa, as perdas chegam a 46% em 20 dias após a aplicação, enquanto

a aplicação em área total resulta em perdas de 37% (VITTI *et al.*, 2007b).

Observa-se na Figura 4A, que o NE em função das doses de nitrogênio para cana-de-açúcar se adequou a um modelo linear, com R² de 81,79 %. O maior NE foi encontrado na dose de 180 kg ha⁻¹, sendo este 8,27, 5,51 e 2,75% maior do que os observados nas doses de 0, 60 e 120 kg ha⁻¹ aplicadas no ciclo precedente, respectivamente. De acordo com a equação de regressão obteve-se um acréscimo de 2,75% para cada aumento de 60 kg ha⁻¹. Cunha (2014) encontrou, aos 300 DAP, sob regime irrigado com 100% da reposição hídrica, um NE máximo de 15,40, valores esses próximos aos encontrados neste estudo. Silva (2017), avaliando a otimização de fontes e doses nitrogênio em cana-planta irrigada, observou o NE máximo da variedade IACSP 95-5000 de 20,76 aos 330 DAP. Segundo Oliveira *et al.* (2016), o número de entrenós das cultivares de cana-de-açúcar pode estar relacionado às características inerentes ao cultivar, o que pode justificar os valores de NE inferiores encontrados neste trabalho.

Figura 4. Número de entrenós, no ciclo de primeira soqueira, em função do residual das doses (0, 60, 120, 180 kg/ha) de nitrogênio (A) e das fontes (Ureia – U, Nitrato de amônia – NA) de nitrogênio (B). Médias seguidas das mesmas letras, dentro da mesma dose de N, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** e * significativo a 1 e a 5% de probabilidade pelo teste F.



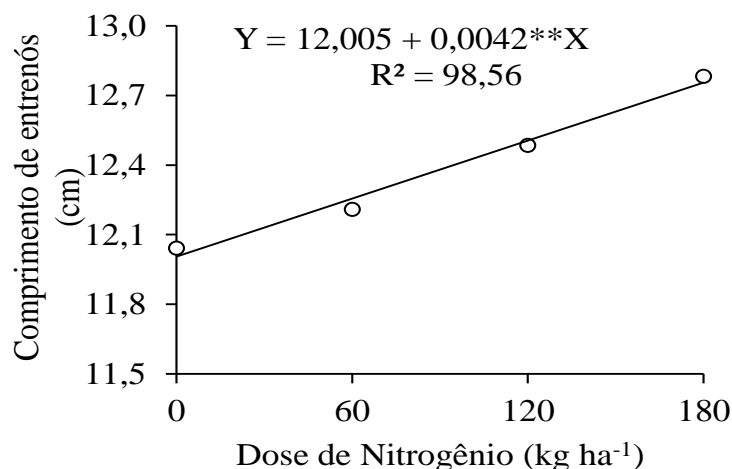
Observa-se na Figura 4B efeito significativo no número de entrenós em função das fontes de nitrogênio. A cana-de-açúcar fertilizada com nitrato de amônio apresentou um maior número de entrenós (7,58%) quando comparado com a cultura sob aplicação de ureia (Figura 4B). Isso ocorre pelo fato de o nitrogênio aplicado na forma amoniacal ter efeitos mais duradouros, o que resulta em um maior efeito residual (VIEIRA, 2009). Independentemente da dose aplicada Aproximadamente 40% do amônio presente na fonte nitrato de amônio permanece no sistema solo-planta como efeito residual para a próxima safra (VITTI *et al.*, 2007a).

Na Figura 5, verifica-se que o CE em função das doses de nitrogênio para cana-de-açúcar se adequou a um modelo linear, com R² de 98,56 %. O maior comprimento de

entrenós foi encontrado na dose de 180 kg ha⁻¹, sendo este 5,88, 3,92 e 1,96% maior do que os observados nas doses 0, 60 e 120 kg ha⁻¹ aplicadas no ciclo precedente, respectivamente. De acordo com a equação de regressão obteve um acréscimo de 1,96% para cada aumento de 60 kg ha⁻¹. Gomes *et al.* (2018) observou que a aplicação de nitrato de amônio proporcionou um incremento linear até 180 kg ha⁻¹, cuja maior dose proporcionou um comprimento de entrenós de 7,85 cm.

O incremento linear em função das doses pode se um indicativo de maior residual de nitrogênio com o aumento das doses aplicadas em cana planta. Sartori (2010) concluiu que o aumento da dose de N, resulta em um maior comprimento de entrenós da cana-de-açúcar.

Figura 5. Comprimento de entrenós, no ciclo de primeira soqueira, em função do residual das doses de N. ** e * significativo a 1 e a 5% de probabilidade pelo teste F.



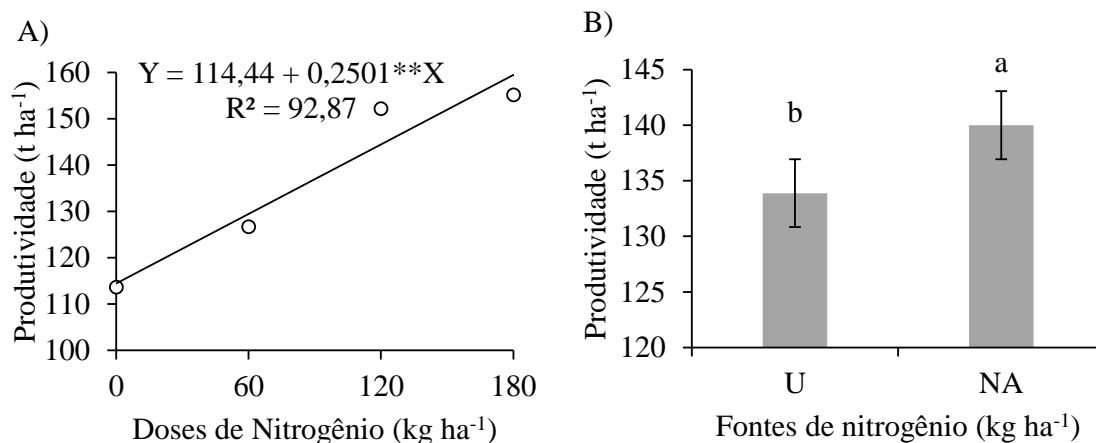
Observa-se na Figura 6A a produtividade de colmos em função das doses de nitrogênio para cana-de-açúcar se adequou a um modelo linear com R^2 de 92,87 %. A maior produtividade foi encontrada na dose de 180 kg ha⁻¹, sendo está 28,23, 18,82, 9,41% maior do que a produtividade observada nas doses de 0, 60 e 120 kg ha⁻¹, aplicadas no ciclo precedente, respectivamente. De acordo com a equação de regressão obteve-se um acréscimo de 9,41% para cada aumento de 60 kg ha⁻¹.

Esperancini *et al.* (2015), avaliando a dose ótima econômica de nitrogênio em cana-de-açúcar, aplicada via fertirrigação

por gotejamento nas condições da segunda soqueira da cultivar SP80-3280, obtiveram uma produtividade de 140 t ha⁻¹ na dose de 175 kg ha⁻¹.

Avaliando produtividade da cana-de-açúcar relacionada ao nitrogênio residual da adubação, Vitti *et al.* (2007a) encontraram uma resposta linear para produção de colmo em função das doses de nitrogênio em segunda soca, já no ano seguinte com a aplicação de 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio na terceira soqueira, em todos os tratamentos foi observado a mesma resposta, corroborando com os resultados deste trabalho.

Figura 6. Produtividade de colmo, no ciclo de primeira soqueira, em função do residual das doses (0, 60, 120, 180 kg/ha) de nitrogênio (A) e das fontes (Ureia – U, Nitrato de amônia – NA) de nitrogênio (B). Médias seguidas das mesmas letras, dentro da mesma dose de N, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** e * significativo a 1 e a 5% de probabilidade pelo teste F.



Na Figura 6B constatou o efeito significativo do fator fontes na produtividade de colmos. A produtividade de colmo da cana-de-açúcar adubada com nitrato de amônio apresentou um incremento de 4,37%, quando comparado com a adubação com ureia. Sousa Junior, Duarte e Dias (2017) observaram que a dose de 120 kg ha⁻¹ de nitrato de amônio proporcionou maiores incrementos em toneladas de colmo por hectare (TCH) quando comparado à aplicação de ureia na mesma dosagem. Gomes (2017), avaliando a produtividade de colmos da cana-de-açúcar (var. SP 80+1816) em função das doses de N observou maior resposta ao nitrato de amônio nas doses de 60 e 120 kg ha⁻¹. A menor resposta em produtividade de colmo da fonte ureia pode estar associada às perdas por volatilização. Segundo Vitti *et al.* (2007b) a fonte nitrato de amônio resulta em menores perdas por volatilização quando comparada a ureia.

6 CONCLUSÕES

O nitrato de amônio aplicado à cana-planta proporciona maiores respostas para as

variáveis biométricas de crescimento na primeira soqueira, do que a ureia.

A cana-de-açúcar fertilizada com nitrato de amônio em cana-planta, apresenta incremento na produtividade de colmos na primeira soqueira de aproximadamente 4,40%, quando comparado a aplicação de ureia.

A dose de 180 kg de N aplicada em cana-planta, independentemente da fonte aplicada, proporciona maior altura de planta (13,65%), diâmetro de colmo (3,22%), número de entrenós (8,27%), comprimento de entrenós (5,88%) e produtividade de colmos (28,23%) da cana-de-açúcar (primeira soqueira).

As maiores doses de N aplicadas em cana-planta proporcionam melhores respostas na primeira soqueira.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e

Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Centro de Excelência em Agricultura Exponencial (CEAGRE) e ao Instituto Federal Goiano (IF Goiano) pelo auxílio financeiro ao presente projeto de pesquisa.

8 REFERÊNCIAS

ABDEL-RAHMAN, E. M.; AHMED, F. B.; VAN DEN BERG, M. Estimation of sugarcane leaf nitrogen concentration using in situ spectroscopy. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, KwaZulu-Natal, v. 12, n. 1, p. 552-557, 2010.

ALLEN, R. G.; JENSEN, M. E.; WRIGHT, J. L.; BURMAN, R. D. Operational estimates of reference evapotranspiration. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, n. 4, p. 650-662, 1989.

ALVES, M. J. F. **Adubação de nitrogênio e potássio em soca de cana-de-açúcar, na presença e ausência de palha, na região noroeste, do estado do paraná**. 2016, Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

AMARAL, L. R.; MOLIN, J. P. Sensor óptico no auxílio à recomendação de adubação nitrogenada em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, DF, v. 46, n. 12, p. 1633-1642, 2011.

BASTOS, A.; TEODORO, J.; TEIXEIRA, M.; SILVA, E.; COSTA, D.; BERNARDINO, M. Efeitos da adubação nitrogenada e potássica no crescimento da cultura da cana-de-açúcar segunda soca. **Revista de Ciências Agrárias**, Rio Verde, v. 40, n. 3, p. 554-566, 2017.

BOLOGNA-CAMPBELL, I. **Balanço de nitrogênio e enxofre no sistema solo-cana-de-açúcar no ciclo de cana planta**. 2007. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

CANA-DE-AÇÚCAR. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar**. Brasília, DF, v. 12, n. 2, p. 1-60, 2024. Safra 2024/25, Quarto levantamento, Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar/item/download/54629_f46a335aef1ed0fd731b7c75dc750ba9. Acesso em: 10 fev. 2024.

CARMO, J. F. A.; MOURA, M. S. B.; SILVA, T. G. F.; SOUZA, L. S. B.; LEITAO, M. D. V. B. R. Balanço de radiação da cana-de-açúcar irrigada por gotejamento subsuperficial no submédio do vale São Francisco. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v. 25, n. 1, p. 91-100, 2017.

CUNHA, F. N. **Crescimento e rendimento da cana-de-açúcar submetida a diferentes níveis de água por gotejamento**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias/Agronomia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde, 2014.

CUNHA, F. N.; SILVA, N. F.; SOUSA, A. E. C.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; VIDAL, V. M. Yield of sugarcane submitted to nitrogen fertilization and water depths by subsurface drip irrigation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Rio Verde, v. 20, n. 9, p. 841-846, 2016.

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**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 283-288, 2006.
- DINH, T. H.; WATANABE, K.; TAKARAGAWA, H.; NAKABARU, M.; KAWAMITSU, Y. Photosynthetic response and nitrogen use efficiency of sugarcane under drought stress conditions with different nitrogen application levels. **Plant Production Science**, London, v. 20, n. 4, p. 412-422, 2017.
- DOURADO NETO, D.; POWLSON, D.; ABU BAKAR, R.; BACCHI, O. O. S.; BASANTA, M. V.; CONG, P. T.; KEERTHISINGHE, G.; ISMAILI, M.; RAHMAN, S. M.; REICHARDT, K.; SAFWAT, M. S. A.; SANGAKKARA, R.; TIMM, L. C.; WANG, J. Y.; ZAGAL, E.; VANKESSEL, C. Multiseason Recoveries of Organic and Inorganic Nitrogen-15 in Tropical Cropping Systems. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 74, n. 1, p. 139-152, 2010.
- ESPERANCINI, 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**, Botucatu, edição especial, p. 28-39, 2015.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FORTES, C.; VITTI, A. C.; OTTO, R.; FERREIRA, D. A.; FRANCO, H. C. J.; TRIVELIN, P. C. O. Contribution of nitrogen from sugarcane harvest residues and urea for crop nutrition. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 70, n. 5, p. 313-320, 2013.
- FRANZÉ, R. V. **Qualidade tecnológica e teores de nutrientes da cana-de-açúcar sob efeito de maturadores**. 2010. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.
- GOMES, F. H. F. **Fontes e doses de nitrogênio em cana-de-açúcar em um latossolo vermelho de cerrado**. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias/Agronomia) – Instituto Federal Goiano, Rio Verde, p. 1-69, 2017.
- GOMES, F. H. F.; SOARES, F. A. L.; TEIXEIRA, M. B.; DA SILVA, E. C.; DA SILVA, N. F.; CUNHA, F. N. C.; COSTA, C. T. S. Effect of Different Sources and Doses of Nitrogen on Vegetative and Productive Performance of Sugarcane under a Dystrophic Red Latosol Condition. **Journal of Agricultural Science and Technology**, Rio Verde, v. 8, n. 1, p. 50-59, 2018.
- JORIS, H. A. W. **Nitrogênio na produção de cana-de-açúcar: aspectos agrônômicos e ambientais**. Tese (Doutorado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, p. 1-134, 2015.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928.
- LEITE, G. H. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; SILVA, M. A. Development and yield of sugarcane after application of plant growth regulators in the middle of crop season. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 129-138, 2011.
- MAEDA, A. S. **Adubação nitrogenada e potássica em socas de cana-de-açúcar com e sem queima em solos de cerrado**. 2009. Tese (Doutorado em Sistemas de

Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2009.

MARCELO, D. D. **Efeitos de fontes e doses de nitrogênio em soqueira de cana-de-açúcar, cultivar SP79-1011**. 2008. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

MEGDA, M. M. **Formas de nitrogênio e doses de potássio no capim-Marandu: atributos morfológicos, produtivos, nutricionais e bioquímicos e transformações do nitrogênio em um Neossolo**. 2013. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

OLIVEIRA, A. R.; BRAGA, M. B.; SANTOS, B. L. S.; WALKER, A. M. Biometria de cultivares de cana-de-açúcar sob diferentes reposições hídricas no vale do submédio São Francisco. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 31, n. 1, p. 48-58, 2016.

ORRILLO, H. M.; ARAÚJO, W. F.; RODRIGUEZ, C. A.; SAKAZAKI, R. T.; VARGAS, A. R. P. Influência da cobertura morta na evapotranspiração, coeficiente de cultivo e eficiência de uso de água do milho cultivado. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 2, p. 352-364, 2016.

PENATTI, C. P. **Adubação da cana-de-açúcar - 30 anos de experiência**. 1. ed. Itui Ottoni, 2013.

SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M.; SILVA, N. F.; CUNHA, F. N.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; RIBEIRO, P. H. P. produtividade da cana-de-açúcar submetida a diferentes reposições hídricas e nitrogênio

em dois ciclos. **Irriga**, Botucatu, edição especial, p. 198-210, 2015.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Embrapa, 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF, p. 1-306, 2018.

SARTORI, R. H. **Eficiência de uso de nitrogênio e enxofre pela cana-de-açúcar (primeira e segunda rebrota) em sistema conservacionista (sem queima)**. 2010. Tese (Doutorado em Ciências/Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

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** Campina Grande, v. 18, n. 3, p. 241-249, 2014.

SILVA, N. F. **Otimização de fontes e doses nitrogênio (¹⁵N) na cana-de-açúcar irrigada no cerrado**. 2017. Teses (Doutorado em Ciências Agrárias/Agronomia) – Instituto Federal Goiano, Rio Verde, 2017.

SORATTO, R. P.; SILVA, A. H.; CARDOSO, S. M.; MENDONÇA, C. G. Doses e fontes alternativas de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo arenoso. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 1, p. 62-70, 2011.

SOUSA JUNIOR, G. S.; DUARTE, W. N.; DIAS, F. L. F. Cana-soca submetida a fontes e doses de nitrogênio. **Revista**

Cerrado Agrociências, Patos de Minas, v. 8, n. 1, p. 9-20, 2017.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado**: Correção do solo e adubação. Embrapa Informação Tecnológica, 2. ed. Brasília, DF, p. 1-416, 2004.

TASCA, F. A.; ERNANI, P. R.; ROGERI, D. A.; GATIBONI, L. C.; CASSOL, P. C. Volatilização de amônia do solo após a aplicação de ureia convencional ou com inibidor de urease. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, n. 2, p. 493-502, 2011.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. Embrapa, 3. ed. rev. e ampl., Brasília, DF, p. 1- 574, 2017.

THORBURN, P. J.; BIGGS, J. S.; WEBSTER, S. J.; BIGGS, I. M. An improved way to determine nitrogen fertiliser requirements of sugarcane crops to meet global environmental challenges. **Plant and Soil**, The Hague, v. 339, n. 1, p. 51-67, 2011.

VIEIRA, M. X. **Eficiência agronômica da adubação de soqueira de cana-de-açúcar**

com cloreto de amônio. 2009. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

VITTI, A. C.; TRIVELIN, P. C. O. Adubação nitrogenada melhora vigor das soqueiras de cana-de-açúcar refletindo em produtividade nos ciclos agrícolas subsequentes. **Pesquisa & Tecnologia**, São Paulo, v. 8, n. 95, p. 1-8, 2011.

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 residual da adubação e do sistema radicular. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 2, p. 249-256, fev. 2007a.

VITTI, A. C.; TRIVELIN, P. C. O.; GAVA, G. J. C.; FRANCO, H. C. J.; BOLOGNA, I. R.; FARONI, C. E. Produtividade da cana-de-açúcar relacionada à localização de adubos nitrogenados aplicados sobre resíduos culturais em canavial sem queima. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n. 3, p. 491-498, 2007b.