

Efeito da adubação foliar em soqueira de cana-de-açúcar

Bruno Nicchio^{1*}, Gustavo Alves Santos¹, Ana Carolina Marostica Lino¹,
Lucélia Alves Ramos¹, Hamilton Seron Pereira², Gaspar Henrique Korndörfer²

¹Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA), Grupo de Pesquisa “Silício na Agricultura” (GPSi), Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Campus Glória, Bloco CCG - Sala 1C 206, Rodovia BR 050, KM 78, CEP: 38.410-337, Uberlândia, MG, BR.

²Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG), Grupo de Pesquisa “Silício na Agricultura” (GPSi), Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Campus Glória, Uberlândia, MG, BR.

*Autor correspondente: bruno_nicchio@hotmail.com

Artigo enviado em 14/08/2019, aceito em 01/05/2020

Resumo: Os macro e micronutrientes desempenham função importante no desenvolvimento e produtividade da cana-de-açúcar e aplicação foliar pode ser considerada uma ótima alternativa como adubação suplementar. Objetivou-se com este trabalho avaliar a produção, qualidade tecnológica e teores de nutrientes em soqueira de cana-de-açúcar submetida à aplicação de diferentes fertilizantes via foliar. Foram conduzidos três experimentos em áreas distintas, localizadas em áreas de unidades produtoras de cana-de-açúcar. Os experimentos foram instalados apresentando delineamento experimental de blocos casualizados, sendo cinco tratamentos (testemunha com água, controle visando fornecimento de N, B, Zn e Mn, Micro Foliar + N-Foliar nas doses de 1,0 kg ha⁻¹ + 3,0 L ha⁻¹; 2,0 kg ha⁻¹ + 6,0 L ha⁻¹ e 3,0 kg ha⁻¹ + 10,0 L ha⁻¹, respectivamente) com quatro repetições. As variáveis analisadas foram: altura de plantas, diâmetro de colmos, tonelada de colmos (TCH) e açúcar (TAH) por hectare, açúcar teórico recuperado (ATR), brix, pol da cana e teor foliar de N, B, Mn, Zn e Cu. A adubação foliar na dose de 1,56 kg ha⁻¹ de Micro + 5,18 L ha⁻¹ de N foi mais eficiente em aumentar a produção de açúcar para variedade RB 85-5536. O aumento de doses de Micro Foliar + N-Foliar (1, 2 e 3 kg ha⁻¹ e 3, 6 e 10,0 L ha⁻¹) foram eficientes em aumentar os teores foliares de nitrogênio, zinco e boro para variedade RB 86-7515.

Palavras-chave: adubação suplementar; produtividade; *Saccharum spp.*

Effect of foliar application on sugarcane ratoon

Abstract: The macro and micronutrients play an important role in the development and productivity of sugarcane and foliar application can be considered a great alternative as supplemental fertilization. The objective of this work was to evaluate the production, quality component and nutrient foliar content of sugarcane submitted to different foliar application. Three experiments were conducted in different areas, located in areas of unit producing sugarcane. The experiments were presenting a randomized blocks, with five treatments (control water, control aimed at providing N, B, Zn and Mn, Micro + Foliar N-Foliar at rates of 1,0 kg ha⁻¹ + 3,0 L ha⁻¹; 2,0 kg ha⁻¹ + 6,0 L ha⁻¹ and 3,0 kg ha⁻¹ + 10,0 L ha⁻¹, respectively) and four replications. The variables analyzed were: plant height, stem diameter, millable stalk and sugar yield per hectare, recovered theoretical sugar (TRS), brix, pol cane and foliar content of N, B, Mn, Zn and Cu. The foliar fertilization at 1.56 kg ha⁻¹ of Micro + 5.18 L ha⁻¹ of N was more efficient in increasing sugar yield for variety RB 85-5536. Increasing doses of Micro Foliar + N-Foliar (1, 2 and

3 kg ha⁻¹ and 3, 6 and 10.0 L ha⁻¹) were efficient in increasing nitrogen, zinc and boron leaf contents for RB 86- 7515 variety.

Keywords: supplemental fertilization; yield; *Saccharum spp.*

Introdução

A cultura da cana-de-açúcar aliado a beterraba doce fazem parte de um dos principais contribuintes para a produção mundial de açúcar com cerca de 65% da produção mundial total (Raghuraj et al., 2015; Singh et al., 2015a). Além disso, é considerada uma das grandes alternativas para o setor de biocombustíveis devido ao grande potencial na produção de etanol e seus respectivos subprodutos, como também na geração de energia elétrica (Conab, 2019).

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, cultura de grande importância para o agronegócio brasileiro, com uma área de colheita estimada em 8.382,2 milhões de hectares para safra 2018/2019 e produção estimada de 615,9 milhões de toneladas com produtividade de 73,48 t ha⁻¹ (Conab, 2019). Apesar de ser maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, o Brasil apresenta baixa produtividade média quando comparado com países como Etiópia (108 t ha⁻¹), Quênia (105 t ha⁻¹), Suíça (98 t ha⁻¹) e Estados Unidos (84,5 t ha⁻¹), mas com maior produtividade média que a Índia (71,41 t ha⁻¹), segundo maior produtor mundial de cana-de-açúcar e Paquistão com produtividade média de 55,6 t ha⁻¹ (Sing et al., 2015; Mazhar, 2015; Usda, 2019).

Para a obtenção de boa safra, é imprescindível a adoção de práticas agronômicas adequadas, onde o manejo nutricional é um dos fatores mais importantes que afetam a tonelagem da cana-de-açúcar e manutenção das socas (Sing et al., 2015; Ismail et al., 2016). Um fator que tem influenciado o aumento na produtividade é o uso de fertilizantes

minerais, entretanto, o elevado custo de processamento, produção e importação de fertilizantes torna a competitividade das commodities agrícolas brasileiras no mercado internacional um grande desafio (Fiorini et al., 2016). Com isso, o manejo da adubação é de grande importância para cultura tendo em vista sua relevância ao cenário econômico nacional (Nicchio et al., 2019).

A aplicação via foliar de nutrientes às plantas não é uma prática nova, sendo conhecida há mais de 100 anos (Borkert, 1987) ainda que, só recentemente vem sendo estudada mais a fundo, comparado a outros métodos de adubação (Rezende et al., 2005). Muitos produtores aplicam macronutrientes (N, P e K) via fertilização, todavia, os micronutrientes têm sido ignorados. Apesar de requeridos em pequenas quantidades, os micronutrientes são muito significativos para as plantas, atuando significativamente no crescimento, desenvolvimento e produtividade de culturas como cana, podendo sua deficiência retardar o crescimento e produção (Ismail et al., 2016).

De acordo com Eibner (1986) a absorção via radicular é melhorada devido à utilização da adubação foliar. Apesar de todos os conhecimentos e de algumas vantagens, o uso de macro e micronutrientes em pulverização foliar apresentam restrições. Segundo Rosolem (1984) a utilização de sais solúveis como NPK, somente deve ser feita em baixa concentração, sendo necessárias várias aplicações para atingir a adequada quantidade de nutrientes nas plantas, capaz de afetar significativamente a produtividade. Ghaffar et al. (2011) relatou que

aplicação de micronutrientes como Zn e Fe em adição com NPK foi necessária para obtenção de maiores produtividades em cana-de-açúcar.

A aplicação de nutrientes em solução ou suspensão na parte aérea da planta pode ser utilizada como adubação suplementar à adubação no solo, pois há um alto índice de utilização pelas plantas em relação à aplicação no solo (Orlando Filho et al., 2001). De acordo com Mellis et al. (2016) a cana-de-açúcar pode responder positivamente a aplicação foliar de micronutrientes, pois desempenham funções vitais no metabolismo das plantas, tanto pela participação de compostos responsáveis por processos metabólicos e fenológicos, como por ativadores enzimáticos (Jamro et al., 2002).

Assim sendo, a adubação foliar visa corrigir possíveis deficiências nutricionais não atendidas pela adubação de base, como de zinco (Zn), que pode causar redução na produção de internódios e perfilhamento, por atuar na síntese de hormônios e enzimas; e boro (B), que pode causar redução de crescimento, já que atua no metabolismo de carboidratos e transporte de açúcares nas membranas, na síntese de ácidos nucleicos, fito hormônios, formação e divisão celular; além dos demais micronutrientes como Mo, Mn e Cu que tem influência no desenvolvimento vegetal (Mazhar, 2015; Marschner, 2012).

Segundo Arifet et al. (2006), a aplicação foliar de micronutrientes pode ser de 6 a 20 vezes mais eficaz em relação a aplicação no solo. No entanto, são necessários cuidados com relação às doses, apesar de efeito residual reduzido, pois elevadas concentrações podem causar fitotoxidez nas plantas (Vitti e Mazza, 2002). A recomendação para o estado de Minas Gerais consiste na aplicação de 2 a 5 kg ha⁻¹ micronutrientes (Mn, Zn e Cu) em solos

arenosos e com baixos de teores de matéria orgânica (Korndörfer et al., 1999).

A maneira que as soluções nutritivas penetram nas folhas pode ser controlada por alguns fatores, tais como condições ambientais e práticas comuns de manejo da fertilidade do solo (Fernandez et al., 2013; Lira, 2018). Além da nutrição, a aplicação de nutrientes via foliar pode proporcionar maior proteção para as plantas ao ataque de doenças, conforme relatado por Mesquita et al. (2019) com aplicação de Mn em cana-de-açúcar, onde houve aumento na resistência das plantas ao ataque de ferrugem alaranjada.

A adubação foliar é uma prática adotada pelos produtores, mas feita com muito empirismo. Além do mais, a pluralidade dos solos do Cerrado, com locais que apresentam deficiências em micronutrientes, mostra a necessidade de correções que se refletem nos canaviais. A nutrição adequada do canavial é muito importante para se alcançar maiores resultados, o que pode demonstrar em uma prática economicamente viável com aumento melhoria da qualidade fotossintética foliar, produtividade de colmos, açúcar e qualidade tecnológica (Korndörfer e Martins, 1992; Korndörfer, 1994; Orlando Filho et al., 2001; Marzha, 2015; Singh et al., 2015b; Lira, 2018).

Portanto, a adubação foliar em soqueira de cana-de-açúcar pode ser uma prática promissora ao melhorar o potencial produtivo da cultura. Deste modo, o objetivo desse trabalho foi avaliar a produção, qualidade tecnológica e teores de nutrientes em soqueira de cana-de-açúcar submetida à aplicação de fertilizantes via foliar.

Material e métodos

Foram conduzidos três experimentos pela equipe do Grupo de pesquisa Silício na Agricultura (GPSi) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) em áreas distintas, localizadas em áreas de unidades produtoras de cana-de-açúcar, sendo: Companhia Mineira de Açúcar e Álcool (Uberaba-MG) – cana de 2º corte, variedade RB 86-7515; Bioenergética Aroeira (Tupaciguara-MG) – cana de 3º corte, variedade SP 81-

3250; e Usina Delta (Delta-MG) – cana de 2º corte, variedade RB 85-5536.

Os experimentos foram instalados apresentando delineamento experimental de blocos casualizados, sendo cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por diferentes fertilizantes em diferentes doses mais um tratamento testemunha e um controle com aplicação de sais para o fornecimento de N, B, Zn e Mn (Tabela 1).

Tabela 1. Produto e doses aplicados na cana-de-açúcar em cada tratamento.

Tratamento	Produto	Dose
1 – Testemunha	Água	---
	Ácido bórico	200 g ha ⁻¹ B
2 – Controle	Sulfato de Manganês	300 g ha ⁻¹ Mn
	Sulfato de Zinco	300 g ha ⁻¹ Zn
	Uréia	5 kg ha ⁻¹
3	Micro Foliar + N-Foliar	1,0 kg ha ⁻¹ + 3,0 L ha ⁻¹
4	Micro Foliar + N-Foliar	2,0 kg ha ⁻¹ + 6,0 L ha ⁻¹
5	Micro Foliar + N-Foliar	3,0 kg ha ⁻¹ + 10,0 L ha ⁻¹

Os fertilizantes foliares utilizados apresentam as seguintes características: **Micro Foliar**: fertilizante misto (mistura de sais) para aplicação via foliar; com 11,3 % de enxofre (S), 4 % de boro (B), 2 % de cobre (Cu), 10 % de manganês (Mn), 10 % de zinco (Zn) e 2 % de molibdênio (Mo); Densidade = 1,3 g ml. **N-Foliar**: fertilizante foliar (mistura e/ou solução de sais) tecnicamente equilibrada que possui alta solubilidade com 32 % (416 g L) de nitrogênio (N); Densidade = 1,3 g/m.

As parcelas experimentais, em ambos os experimentos, consistiram de quatro linhas de 10 m de comprimento e espaçadas entre si por 1,5 m (60 m²). Além disso, foi adotado um espaçamento de 3,0 m entre as parcelas de modo a evitar prováveis problemas com a deriva da aplicação dos produtos. A aplicação dos produtos via foliar foi realizada com o uso de uma barra de 3 m de comprimento com 3 bicos 110-02 tipo

leque espaçados por 0,75 cm acoplada a um pulverizador costal pressurizado a CO₂. A pressão de aplicação adotada no equipamento foi a de 4 kgf cm⁻² e o volume de calda utilizado foi de 2,0 L parcela⁻¹, o equivalente a 333,3 L ha⁻¹. As aplicações foram realizadas no período da manhã tomando-se os devidos cuidados relacionados ao teor de umidade relativa do ar, temperatura e vento.

Os fertilizantes foliares aplicados nas três localidades ocorreram: 180 dias após o 2º corte na Companhia Mineira de Açúcar e Álcool (12/2014); 180 dias após o 3º corte na Bioenergética Aroeira (01/2015); e, 210 dias após o 2º corte na Usina Delta (02/2015). A colheita deu-se 180 dias após aplicação dos fertilizantes foliares para os experimentos localizados na Companhia Mineira de Açúcar e Álcool e Bioenergética Aroeira. Na Usina Delta a colheita do experimento ocorreu 150

dias após aplicação dos fertilizantes foliares.

Aos 30 dias após aplicação (DAA) dos produtos retiraram-se amostras foliares em cada parcela. Cada amostra foi composta pelo terço médio de 10 folhas (primeira folha da planta com o dewlap visível). Essas amostras foram lavadas em solução contendo água e detergente neutro, posteriormente foram enxaguadas em água corrente e depois em água destilada e retirou-se a nervura central de cada folha. As amostras foram acondicionadas em estufa de circulação de ar, a 65 °C, até atingirem o peso constante. Após seco, o material foi moído em moinho tipo Willey, para ser submetido à análise laboratorial de macro e micronutrientes conforme metodologia descrita por Embrapa (2009).

Na época de colheita, a cana da área útil de cada parcela (4 m das duas linhas centrais) foi cortada crua e manualmente, despontada e em seguida pesada com o auxílio de um tripé acoplada a uma balança (capacidade para 2 t) para determinação do peso em kg de cada uma das parcelas e depois os valores extrapolados em t ha⁻¹. No momento da colheita foi realizada a medição da altura das plantas com trena, considerando o intervalo entre o nível do solo e a 1ª folha (cartucho). Já a medida de diâmetro de colmo foi tomada com a utilização de paquímetro no final do terço inferior, início do terço médio da planta. As medições de altura e diâmetro foram feitas em três plantas escolhidas aleatoriamente de cada parcela.

Para análise tecnológica, realizou-se coleta de 10 colmos cortados em cada uma das parcelas. O material coletado foi submetido à análise tecnológica no laboratório das respectivas unidades produtoras de cana-de-açúcar, segundo metodologia descrita por Tanimoto (1964), a qual gerou resultados de Açúcar Teórico Recuperado (ATR) (kg TC⁻¹), Brix (%) e Pol da cana (%). Utilizando-se os resultados de produção de colmos por hectare (TCH) e os valores de Pol da cana (%) foram calculados os valores de produção de açúcar por hectare (TAH) de cada um dos tratamentos.

Com o auxílio do programa estatístico Sisvar versão 5.3 (Ferreira, 2014) os resultados foram submetidos à análise de variância, e, em caso de significância do teste F, os tratamentos qualitativos foram comparados pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. Para os tratamentos quantitativos (testemunha e doses de nutrientes) os resultados foram submetidos à análise de regressão (P>0,05).

Resultados e discussão

Os resultados de altura de planta (m), diâmetro de colmos (mm), toneladas de colmos por hectare (TCH) e toneladas de açúcar por hectare (TAH) podem ser observados na Tabela 2. Os dados mostram que não houve diferença significativa para altura de plantas, diâmetro de colmos, TCH e TAH entre os tratamentos em cada um dos experimentos.

Tabela 2. Altura de plantas (m), diâmetro de colmos (mm), tonelada de colmos por hectare (TCH) e total de açúcar por hectare (TAH) em função da aplicação de fertilizantes via foliar em cana soca (Variedades RB 86-7515, SP 81-3250 e RB 85-5536).

Tratamento	Altura --- m ---		Diâmetro -- mm --		TCH ----- t ha ⁻¹ -----		TAH -----	
RB 86-7515								
Micro (1,0 kg ha ⁻¹) + N (3,0 L ha ⁻¹)	2,42	a	30,6	a	110,7	a	15,5	a
Micro (2,0 kg ha ⁻¹) + N (6,0 L ha ⁻¹)	2,36	a	30,0	a	109,0	a	15,2	a
Micro (3,0 kg ha ⁻¹) + N (10,0 L ha ⁻¹)	2,50	a	31,7	a	112,6	a	15,7	a
Controle	2,47	a	30,5	a	106,7	a	14,6	a
Testemunha	2,43	a	31,0	a	113,6	a	15,8	a
C.V. (%)	5,62		3,35		12,60		12,36	
SP 81-3250								
Micro (1,0 kg ha ⁻¹) + N (3,0 L ha ⁻¹)	2,44	a	25,5	a	71,6	a	10,8	a
Micro (2,0 kg ha ⁻¹) + N (6,0 L ha ⁻¹)	2,52	a	25,0	a	76,7	a	11,9	a
Micro (3,0 kg ha ⁻¹) + N (10,0 L ha ⁻¹)	2,30	a	25,2	a	67,4	a	10,2	a
Controle	2,39	a	26,5	a	73,7	a	11,3	a
Testemunha	2,50	a	25,6	a	66,7	a	10,2	a
C.V. (%)	7,14		3,95		14,28		14,78	
RB 85-5536								
Micro (1,0 kg ha ⁻¹) + N (3,0 L ha ⁻¹)	2,35	a	26,5	a	91,8	a	16,8	a
Micro (2,0 kg ha ⁻¹) + N (6,0 L ha ⁻¹)	2,37	a	26,7	a	82,9	a	15,8	a
Micro (3,0 kg ha ⁻¹) + N (10,0 L ha ⁻¹)	2,25	a	26,2	a	85,6	a	14,1	a
Controle	2,15	a	25,2	a	73,7	a	12,9	a
Testemunha	2,32	a	26,5	a	73,9	a	13,2	a
C.V. (%)	7,59		8,28		16,65		18,96	

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Para variedade RB 86-7515 os tratamentos foram aplicados no final de dezembro de 2014 e nesta localidade após a fertilização houve um período de estiagem. Os demais locais também tiveram estiagem no mesmo período, o que pode ter influenciado a falta de respostas entre os tratamentos. As variedades avaliadas apresentaram produtividades médias de 110,5, 71,2 e 81,6 t ha⁻¹, respectivamente.

Os resultados diferem dos observados por Abd El-Hadi (2015) ao avaliar aplicação de macro (N, P e K) e micronutrientes (Zn, Fe e Mn) via foliar em cana-de-açúcar cultivada no Egito durante três cortes. De acordo com autor, foi verificado incrementos na produção de colmos em até 20% e de açúcar até 30%. Jamro et al. (2002) em um estudo realizado no Paquistão

verificaram maior peso de colmos em cana soca quando aplicou-se micronutrientes via foliar (Cu, Zn, B e Mn) em comparação com controle. Mazhar (2016) ao avaliar aplicação de macro e micronutrientes na produção de cana-de-açúcar, verificou que houve produção máxima de 100,3 t ha⁻¹ com tratamento NPK+Zn-B. Em outro experimento conduzido no Paquistão, Ismail et al. (2016) encontrou resposta significativa na produção de colmos de cana-de-açúcar em função da aplicação foliar tardia de macro e micronutrientes (69,5 t ha⁻¹ de TCH) em comparação com controle (62,18 t ha⁻¹ de TCH), trazendo benefícios para próxima soqueira de cana.

No Brasil, Mellis et al. (2016) ao avaliarem aplicação de micronutrientes (Zn, Mn, Cu, B e Mo) em experimentos

com cana-de-açúcar no estado de São Paulo, verificaram incrementos significativos entre 9 e 18 toneladas de colmos por hectare. Silva et al. (2017) observou incrementos na produção de colmos de 11 e 13 t ha⁻¹ em duas socas consecutivas de cana-de-açúcar (variedade RB 96-7515) quando aplicou-se via foliar aos 60 dias após o brotamento, microrganismos fixadores de N com Mg em sua composição. Hervatin (2018) ao avaliar aplicação de micronutrientes e maturator via foliar em cinco variedades de cana-de-açúcar, relatou um ganho de 13 t ha⁻¹ contra o tratamento controle.

Outra justificativa para falta de respostas neste estudo pode ser aplicação única (entre 180 e 200 dias

após rebrotamento da cana), não sendo suficiente para apresentar respostas nas variáveis analisadas. Abd El-Hadi (2015) observou resultados positivos em cana ao realizarem três aplicações foliares, sendo a primeira aos 45 dias após o brotamento, a segunda aos 90 dias e a terceira aos 135 dias, respectivamente.

Apesar de não ser observada diferença entre os tratamentos qualitativos, com relação às doses crescentes de Micro Foliar + N-Foliar, verificou-se comportamento quadrático com redução de TAH (variedade RB 85-5536) a partir das doses 2,0 kg ha⁻¹ (Micro) + 6,0 L ha⁻¹ (N) e 3,0 kg ha⁻¹ (Micro) + 10,0 L ha⁻¹ (N), todavia, com as demais variedades este efeito não foi observado (Figura 1).

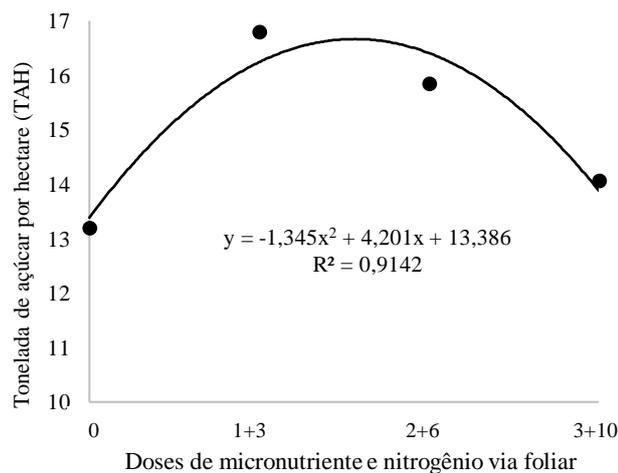


Figura 1. Toneladas de açúcar por hectare (TAH) em função da aplicação de adubos foliares em soqueira de cana-de-açúcar (Variedade RB 85-5536 – Usina Delta, Delta, MG).

Assim, observou-se que até a dose 1,56 kg ha⁻¹ de Micro + 5,18 L ha⁻¹ de N houve produção máxima estimada de açúcar de 13,8 t ha⁻¹, decrescendo a partir daí (Figura 1). Mahamud et al. (1984) avaliando aplicação de Zn-quelatado em cana-de-açúcar, verificaram incremento na produção de açúcar em 34% comparando com o tratamento controle. Abd El-Hadi (2015) obteve incrementos em comparação

com o tratamento testemunha na produção de açúcar na ordem de 30, 25 e 21% com aplicação dos seguintes tratamentos foliares: micronutriente (Zn, Fe e Mn) + macronutriente (N); micronutriente quelatado (Zn-quelatado); e, micronutriente (Zn, Fe e Mn). Já, Mazhar (2016) observou incremento de 10,9% na produção de açúcar com tratamento NPK+Zn-B em cana-planta. Hervatin (2018) observou

incrementos de até 2,6 t ha⁻¹ de TAH com aplicação de micronutrientes via foliar mais maturador.

Com relação às análises de qualidade tecnológica não houve

diferenças significativas nos quesitos Brix, Pol da cana e produção de açúcar por tonelada de açúcar (ATR) em todos os experimentos (Tabela 3).

Tabela 3. Brix (%), pol da cana (%) e ATR (kg açúcar TC⁻¹) m função da aplicação de fertilizantes via foliar em cana soca (Variedades RB 86-7515, SP 81-3250 e RB 85-5536).

Tratamento	Brix		Pol da Cana		ATR	
	----- % -----		----- % -----		kg açúcar TC ⁻¹	
RB 86-7515						
Micro (1,0 kg ha ⁻¹) + N (3,0 L ha ⁻¹)	19,0	a	14,0	a	140,0	a
Micro (2,0 kg ha ⁻¹) + N (6,0 L ha ⁻¹)	18,9	a	14,0	a	139,9	a
Micro (3,0 kg ha ⁻¹) + N (10,0 L ha ⁻¹)	18,8	a	13,9	a	139,2	a
Controle	18,8	a	13,7	a	137,2	a
Testemunha	18,6	a	13,9	a	138,6	a
C.V. (%)	2,96		3,38		3,17	
SP 81-3250						
Micro (1,0 kg ha ⁻¹) + N (3,0 L ha ⁻¹)	20,7	a	15,2	a	149,2	a
Micro (2,0 kg ha ⁻¹) + N (6,0 L ha ⁻¹)	20,4	a	15,5	a	151,5	a
Micro (3,0 kg ha ⁻¹) + N (10,0 L ha ⁻¹)	20,2	a	15,2	a	149,3	a
Controle	20,4	a	15,3	a	150,4	a
Testemunha	20,3	a	15,2	a	149,0	a
C.V. (%)	1,84		3,68		3,26	
RB 85-5536						
Micro (1,0 kg ha ⁻¹) + N (3,0 L ha ⁻¹)	20,9	a	15,9	a	157,7	a
Micro (2,0 kg ha ⁻¹) + N (6,0 L ha ⁻¹)	20,8	a	15,8	a	156,9	a
Micro (3,0 kg ha ⁻¹) + N (10,0 L ha ⁻¹)	20,8	a	15,7	a	155,9	a
Controle	20,7	a	15,2	a	151,9	a
Testemunha	20,6	a	15,3	a	152,7	a
C.V. (%)	3,71		5,94		5,52	

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Esses resultados corroboram com os de Mellis et al. (2016) que não encontraram respostas para ATR em 11 experimentos que receberam aplicação de micronutrientes (Zn, Mn, Cu, B, e Mo). Ismail et al. (2016) em trabalho realizado no Paquistão, observaram que a aplicação foliar de macro e micronutrientes em duas épocas (90 e 120 dias após brotamento) também não influenciou no teor de pureza e ATR de cana-de-açúcar.

Mas, Karthikeyan e Shanmugam (2017) obtiveram incremento significativo na qualidade de cana-de-açúcar (ATR, Brix e pureza) com

aplicação foliar de macronutriente e algas marinhas. Ao avaliar aplicação de micronutrientes via foliar + maturador, Hervatin (2018) também observou incrementos de 1% na Pol da cana e ATR.

Diversos fatores podem influenciar resposta da cana-de-açúcar a adubação foliar, tais como clima, variedades e manejo do solo que exercem influência sobre as características tecnológicas da cana, dificultando a avaliação do efeito dos fertilizantes sobre esses parâmetros (Pereira et al., 1995).

Na Tabela 4 são apresentadas as faixas de suficiência de nitrogênio (N), boro (B), manganês (Mn), zinco (Zn) e

cobre (Cu) para a cana-de-açúcar da folha TVD.

Tabela 4. Faixas de teores adequados (faixa de suficiência) de nitrogênio (N), boro (B), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu) para a soqueira de cana-de-açúcar.

N	Mn	Zn	Cu	B
g kg ⁻¹	----- mg kg ⁻¹ -----			
12,5 - 16,5	50 - 87	13 - 28	3,8 - 6,6	4 - 30

Fonte: Adaptado de Santos et al. (2013).

Comparando os resultados obtidos (Tabela 4) com os resultados apresentados na Tabela 5, verifica-se que o N apresentou-se em níveis adequados para todas as variedades avaliadas.

Para variedade RB 86-7515 o tratamento Micro (3,0 kg ha⁻¹) + N (10,0 L ha⁻¹) foi mais eficiente em aumentar os teores de N e Cu foliares quando comparado com o tratamento testemunha, onde não houve aplicação de micronutrientes (Tabela 5).

Tabela 5. Teor foliar de nitrogênio (N), boro (B), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu) 30 dias após aplicação de fertilizantes via foliar em cana soca (Variedades RB 86-7515, SP 81-3250 e RB 85-5536).

Tratamento	N		B		Mn		Zn		Cu	
	g kg ⁻¹		----- mg kg ⁻¹ -----		----- mg kg ⁻¹ -----		----- mg kg ⁻¹ -----		----- mg kg ⁻¹ -----	
RB 86-7515										
Micro (1,0 kg ha ⁻¹) + N (3,0 L ha ⁻¹)	16,9	ab	12,3	a	102,1	a	20,6	ab	6,0	ab
Micro (2,0 kg ha ⁻¹) + N (6,0 L ha ⁻¹)	16,9	ab	10,3	a	121,9	a	29,3	ab	7,2	a
Micro (3,0 kg ha ⁻¹) + N (10,0 L ha ⁻¹)	17,7	a	10,5	a	125,6	a	28,8	ab	7,2	a
Controle	16,9	ab	9,2	a	128,7	a	32,8	a	5,1	ab
Testemunha	15,7	b	11,8	a	106,2	a	17,2	b	4,9	b
C.V. (%)	5,5		23,2		27,9		25,0		18,2	
SP 81-3250										
Micro (1,0 kg ha ⁻¹) + N (3,0 L ha ⁻¹)	18,9	a	9,7	a	54,8	a	18,8	a	5,1	a
Micro (2,0 kg ha ⁻¹) + N (6,0 L ha ⁻¹)	19,9	a	7,5	a	49,2	a	19,5	a	5,0	a
Micro (3,0 kg ha ⁻¹) + N (10,0 L ha ⁻¹)	19,7	a	7,8	a	52,5	a	20,3	a	5,2	a
Controle	17,4	a	9,7	a	50,1	a	18,2	a	5,0	a
Testemunha	18,7	a	8,7	a	56,0	a	17,9	a	5,7	a
C.V. (%)	9,5		37,0		17,8		12,1		18,9	
RB 85-5536										
Micro (1,0 kg ha ⁻¹) + N (3,0 L ha ⁻¹)	19,6	a	8,2	a	51,7	a	18,3	a	5,4	a
Micro (2,0 kg ha ⁻¹) + N (6,0 L ha ⁻¹)	19,3	a	7,6	a	53,1	a	17,8	a	5,0	a
Micro (3,0 kg ha ⁻¹) + N (10,0 L ha ⁻¹)	17,5	a	7,9	a	57,7	a	18,2	a	5,1	a
Controle	18,9	a	7,4	a	55,8	a	18,1	a	5,3	a
Testemunha	19,1	a	7,6	a	57,1	a	17,1	a	5,3	a
C.V. (%)	9,8		16,0		19,2		16,1		10,5	

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Com relação aos teores de Zn o tratamento controle foi o único que apresentou diferença significativa em

relação a testemunha (Tabela 5). Mellis et al. (2016) encontraram respostas positivas para os teores foliares de Zn,

Mn, Cu, B, e Mo em função da fertilização de micronutrientes em cana-de-açúcar. Porém, as respostas nos 11 experimentos realizados apresentaram variação de acordo com a localização, clima, tipo de solo e variedade.

Para as demais variedades os teores de N, B, Mn, Zn e Cu não apresentaram diferenças significativas (Tabela 5). Semelhante aos resultados observados por Hervatin (2018) que não encontrou diferenças nos teores foliares de B, Cu, Fe, Mn e Zn foliares ao avaliar aplicação de fertilizante (N, K, Mg, S, B, Cu, Mn, Mo e Zn) e maturator via foliar em cinco variedades de cana-de-açúcar.

Lira (2018) ao avaliar adubação de plantio e foliar com micronutrientes em cana-de-açúcar (variedade RB 96-5902) observou que a concentração de macro e micronutrientes não foi afetada pela aplicação dos tratamentos, exceto o N, onde houve deste incremento com

aplicação de micronutrientes (S, B, Cu, Mn, Mo e Zn). Mas em cana-soca, não houve efeito nos teores de micronutrientes foliares.

Comparando os resultados obtidos (Tabela 5) com os resultados apresentados na Tabela 4, verifica-se que o zinco (Zn) e boro (Bo) apresentam-se em níveis adequados para todas as variedades avaliadas, o manganês (Mn) encontra-se próximo aos limites inferiores da faixa adequada, sendo que alguns tratamentos apresentam-se abaixo.

As doses crescentes de Micro Foliar + N-Foliar aumentaram os teores foliares de N, Zn e Cu para variedade RB 86-7515, atingindo estimativas máximas de 17,7 g kg⁻¹ de N; 28,8 mg kg⁻¹ de Zn; e, 7,2 mg kg⁻¹ de Cu com a dose de 3,0 kg ha⁻¹ Micro Foliar + 10 L ha⁻¹ N-Foliar, respectivamente (Figura 1).

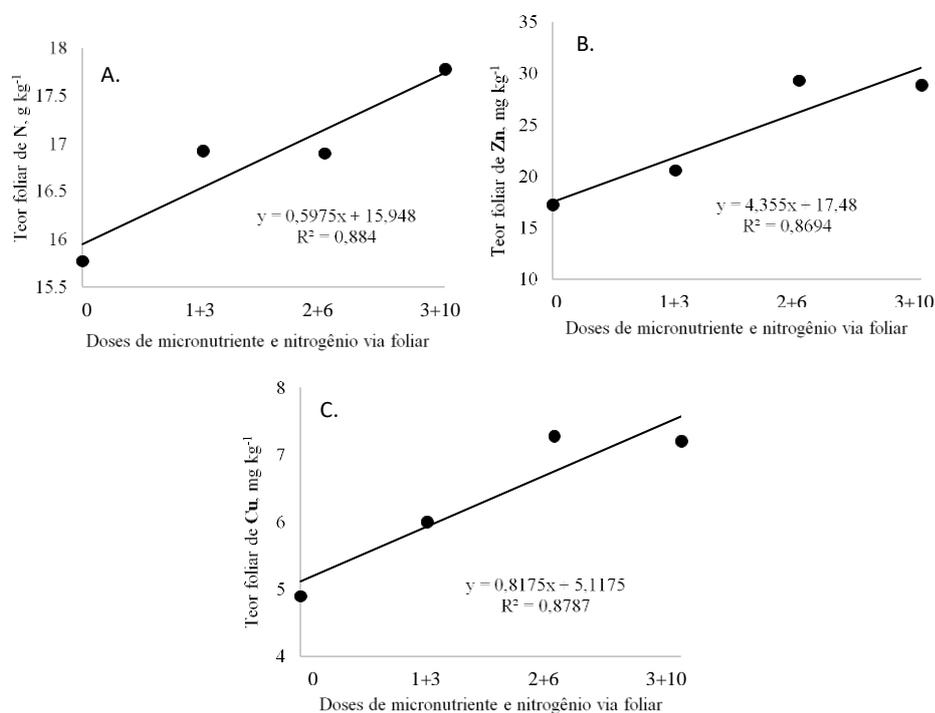


Figura 2. Teores foliares de nitrogênio (N; A), zinco (Zn; B) e cobre (Cu; C) em função da aplicação de adubos foliares em soqueira de cana-de-açúcar (Variedade RB 86-7515 - Companhia Mineira de Açúcar e Álcool - Uberaba, MG).

Esses resultados se assemelham aos de Silva et al. (2017) que

encontraram incrementos nos valores de N foliar de cana-de-açúcar (variedade

RB 96-7515) quando aplicou-se via foliar aos 60 dias após o brotamento, microrganismos fixadores de N com Mg em sua composição. Gonçalves et al. (2017) observou aumento do teor foliar de Cu em função da aplicação de micronutrientes via foliar, porém, não houve incremento de produtividade. Lira (2018) verificou aumento nos teores de N foliar em cana-de-açúcar com adubação foliar na dose de 20 L ha⁻¹.

Além dos fatores já relatados anteriormente com relação à falta de respostas, o nível ótimo de macro e micronutrientes encontrados no tratamento testemunha também pode justificar a falta de resposta entre os tratamentos (Trivelin et al., 1988; Orlando Filho et al., 2001). Apesar disso, mesmo que adubação foliar não tenha influenciado nas variáveis estudadas, há necessidade de se avaliar mais detalhadamente em futuras pesquisas a época correta de aplicação já que os resultados de pesquisa na aplicação de micronutrientes em cana no Brasil ainda são escassos e inconclusivos (Mellis et al., 2016).

Tal justificativa corrobora com Papadakis, Sotiropoulos e Therios (2007), que sugerem reaplicações consecutivas sempre que novas folhas recém-expandidas surgirem, visando o suprimento nutricional destas devido à baixa translocação nutricional interna nas plantas de certos nutrientes, embora, este tipo de fertilização foliar seja difícil de ser empregada nesta cultura em função de seu porte e a própria modalidade de aplicação. Aplicações consecutivas de fertilizantes são realizadas várias vezes durante o ciclo de diversas culturas juntamente com defensivos e reguladores de crescimento o que pode facilitar seu manejo, dependendo do propósito a que se destinam, com a ressalva de que essas misturas sejam compatíveis podendo

apresentar efeito sinérgico trazendo redução da quantidade de aplicações (Hervatin, 2018). A eficácia da adubação foliar com micronutrientes pode variar dependendo da espécie, idade, estágio fenológico da cultura bem como características dos produtos como sais, complexos ou quelatos (Marschner 2012; Wójcik, 2004; Zhang e Brown, 1999).

Segundo Ismail et al. (2016) a época de aplicação foliar de fertilizantes em cana-de-açúcar pode ter grande importância para eficiência de atuação dos micronutrientes. Os autores verificaram que aplicação de macronutrientes aliada aos micronutrientes apresentou resultados positivos em função da melhor absorção da planta. Karthikeyan e Shanmugam (2017) ao avaliarem aplicação foliar de macronutriente e algas marinhas aos 30, 75 e 125 dias após brotação da cana-planta e mais três socas, obtiveram incremento significativo na produção de colmos por hectare e qualidade (ATR, Brix e pureza) de cana.

Conclusões

A aplicação de fertilizantes foliares na dose 1,56 kg ha⁻¹ de Micro + 5,18 L ha⁻¹ de N apresentou produção máxima estimada de açúcar em 13,8 t ha⁻¹ para variedade RB 85-5536. Além disso, a aplicação de doses crescentes de Micro Foliar + N-Foliar (1, 2 e 3 kg ha⁻¹ e 3, 6 e 100 L ha⁻¹) foram eficientes em aumentar os teores foliares de nitrogênio (17,7 g kg⁻¹), zinco (28,8 mg kg⁻¹) e boro (7,2 mg kg⁻¹) para variedade RB 86-7515.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de

Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio a pesquisa.

Referências

BORKERT, C. M. **Soja: adubação foliar**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1987. 34p. (Documentos, 22). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/23237/1/Doc22.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2020.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar, terceiro levantamento, maio/2019**. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 58p. (Conab. Documentos, 6). Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>. Acesso: 14 jan. 2020.

EIBNER, R. Important for productivity of modern plant cultivation. In: FIRST INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FOLIAR FERTILIZATION, 1., 1986, Berlin. Abstract. Dordrech: Martinus Nijhoff Publishers, p. 3-13.

EL-HADI, A. H. A. Effect of Zn, Mn and Fe-Chelates and some Different Foliar Fertilizers on the Production of Wheat, Potato and Sugarcane under Egyptian Conditions. **Advances in Environmental Biology**, Madri, v.9, n.24, p.229-233, 2015.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2ed. Brasília, Informação Tecnológica, 2009. 628p.

FERNÁNDEZ, V.; SOTIROPOULOS, T.; BROWN, P. H. **Foliar Fertilization:**

principles and practices. Paris: International Fertilizer Industry Association - IFA, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/235609131_Foliar_Fertilization_Scientific_Principles_and_Field_Practices. Acesso em: 13 jan. 2020.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.38, n.2, p.109-112, 2014.

FIORINI, I. V. A.; PINHO, R. G. V.; PIRES, L. P. M.; SANTOS, À. O.; FIORINI, F. V. A.; CANCELLIER, L. L.; RESENDE, E. L. Avaliação de fontes de enxofre e das formas de micronutrientes revestindo o npk na cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.15, n.1, p.20-29, 2016.

GHAFFAR, A.; EHSANULLAH, N.; AKBAR; KHAN, S.H. Influence of zinc and iron on yield and quality of sugarcane planted under various trench spacings. **Pakistan Journal Agricultural Science**, Faisalabad, v.48, n.1, p.25-33, 2011.

GONÇALVES, F. A. R.; XAVIER, F. O.; OLIVEIRA, T. F.; GODINHO JÚNIOR, J. D. G.; AQUINO, L. A. Aplicação foliar de doses e fontes de cobre e manganês nos teores foliares destes micronutrientes e na produtividade da soja. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v.26, n.3, p.384-392, 2017.

ISMAIL, M.; AHMAD, T.; ALI, A.; NABI, G.; HAQ, N. U.; MUNSIF, F. Response of sugarcane to different doses of Zn at various growth stages. **Pure and Applied Biology**, Balochistan, v.5, n.2, p.311-316, 2016.

JAMRO, G. H.; KAZI, B. R.; OAD, F. C.; JAMALI, N. M.; OAD, N. L. Effect of Foliar Application of Micro Nutrients on the Growth Traits of Sugarcane Variety Cp-

- 65/357 (Ratoon Crop). **Asian Journal of Plant Sciences**, v.1 p.462-463, 2002.
- KARTHIKEYAN, K.; SHANMUGAM. M. The effect of potassium-rich biostimulant from seaweed *Kappaphycus alvarezii* on yield and quality of cane and cane juice of sugarcane var. Co 86032 under plantation and ratoon crops. **Journal of Applied Phycology**, v.29, n.6, p.3245-3252, 2017.
- KORNDÖRFER, G. H. **Importância na qualidade da cana-de-açúcar**. In: SÁ, M. E.; BUZZETTI, S. (Ed.). Importância da adubação e qualidade dos produtos agrícolas. São Paulo: Ícone, 1994, v.1, p.1033-142.
- KORNDÖRFER, G. H.; ALCARDE, J. C. Acumulo e teor de fósforo em folhas de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. Campinas, v.16, n.2, p.217-222, 1992.
- KORNDÖRFER, G. H.; RIBEIRO, A. C.; ANDRADE, L. A. B. **Cana-de-açúcar**. In: ALVAREZ, V.; V. H.; RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G. (Ed.). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais os Ribeiro, 1999. p.285-288.
- KORNDÖRFER, G. H.; RIBEIRO, A. C.; ANDRADE, L. A. B. **Cana-de-açúcar**. In: KANNAN, S. (Ed.). Foliar fertilization for sustainable crop production. *Sustainable Agriculture Reviews*, v. 4, p. 371-402, 2010.
- LIRA, M. V. S. **Adubação de plantio e foliar com micronutrientes na produção da cana-de-açúcar**. 2018. 87p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Animal, Universidade Estadual paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Dracena, 2018.
- MAHMOUD, E.A.; BAKR, M. N.; EL-BASHBISHI, A. Y. Response of ratoon crop of sugar cane to increased level of N and IC. **Second conference at A.R.C. Giza**, p.13-14, 1984.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. Londres: Academic Press, 2012. 651p.
- MAZHAR, S. Impact of zinc and boron application on growth, cane yield and recovery in sugarcane. **Life Sciences International Journal**, Chennai, v.10, n.1, p.30-37, 2016.
- MELLIS, E. V.; QUAGGIO, J. A.; BECARI, G. R. G.; TEIXEIRA, L. A. J.; CANTARELLA, H.; DIAS, F. L. F. Effect of Micronutrients Soil Supplementation on Sugarcane in Different Production Environments: Cane Plant Cycle. **Soil Fertility e Crop Nutrition**, Washington, v.108, n.5, p.2060-2070, 2016.
- MESQUITAA, G. L.; TANAKAA, F. A. O.; ZAMBROSIB, F. C. B.; CHAPOLAC, R.; CURSIC, D.; HABERMANND, G.; MASSOLA JRA, N. S.; FERREIRAA, V. P.; GAZIOLAEAND, S. A.; AZEVEDO, R. A. Foliar application of manganese increases sugarcane resistance to orange rust. **Plant Pathology**, Seoul, v.68, p.1296-1307, 2019.
- MILAZEZ, P.; GRIS, C. F.; CARVALHO, J. G.; GOMES, L. L.; BOTTINO, L. Adubação foliar. I. Épocas de aplicação de fósforo na cultura da soja. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.6, p.1105-1111, 2005.
- NICCHIO, B.; KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; SANTOS, G. A. Eficiência agrônômica de fontes alternativas de fósforo em cultivo de cana planta.

- Journal of Agronomic Sciences**, Londrina, v.8, n.2, p.39-56, 2019.
- ORLANDO FILHO, J. **Calagem e adubação da cana de açúcar**. In: CÂMARA, G.M.S.; OLIVEIRA, E.A.M. (Eds). Produção de cana-de-açúcar. Piracicaba: FEALQ/USP, 1993. p.133-146.
- ORLANDO FILHO, J.; ROSSETTO, R.; CASAGRANDE, A.A. Effect of Boron and Zinc on the physiological traits of sugarcane. **Brazilian Journal of Sugar Technologies**, Campinas, v.5, p.355-374, 2001.
- PEREIRA, J. R.; FARIA, C. M. B.; MORGADO, L. B. Efeito de níveis e do resíduo de fósforo sobre a produtividade da cana-de-açúcar em vertissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.1, p.43-48, 1995.
- ROSOLEM, C. A. Adubação foliar. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1984, Brasília. Anais. Brasília: Embrapa, 1984. p.419- 449.
- SANTOS, E.F.; DONHA, R.M.A.; ARAÚJO, C.M.M.; LAVRES JUNIOR, J. e CAMACHO, M.A. Faixas normais de nutrientes em cana-de-açúcar pelos métodos chm, dris e cnd e nível crítico pela distribuição normal reduzida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.37, p.1651-1658, 2013.
- SILVA, S. F.; OLIVARES, F. L.; CANELLAS, L. P. The biostimulant manufactured using diazotrophic endophytic bacteria and humates is effective to increase sugarcane yield. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, Portici, v.4, n.24, p.1-6, 2017.
- SINGH, A. K.; BHARATI, R. C.; CHANDRA N.; DIMREE, S. Integrated Nutrient Management System: Smart way to improve cane production from sugarcane ratoon. **Journal of AgriSearch**, Patna, v.2, n.3, p.233-243, 2015a.
- SINGH, R.; GUPTA, O. P.; PATEL, S. K. Energy Use Pattern and Scenario Change in Sugarcane (ratoon) Cultivation for Bhabar Region of Uttarakhand, India. **Journal of AgriSearch**, Patna, v.2, n.2, p.242-245, 2015b.
- TANIMOTO, T. **The press method of cane analysis**. Honolulu: Hawaiians Planter's Record. 1964. p.133-150.
- TRIVELIN, P. C. O.; CARVALHO, J. G.; da SILVA, A. Q.; PRIMAVESI, A. C. P. A.; CAMACHO, E.; EHWRI, I. E.; GUILHERME, M. R. Adubação foliar de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*): absorção e translocação de uréia-¹⁵N. **Energia Nuclear na Agricultura**, Piracicaba, v.9, n.2, p.52-65, 1988.
- USDA (United States Department of Agriculture), NASS (National Agricultural Statistics Service), **Agricultural Statistics Board**. Crop production. 2019. Disponível em: <https://www.nass.usda.gov/Charts_and_Maps/A_to_Z/in-sugarcane.php> Acesso em: 12 ago. 2019.
- VITTI, G.C.; MAZZA, J.A. **Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura de cana-de-açúcar**. Piracicaba: POTAFOS, 2002. 16p. (Informações Agronômicas, n. 97, Encarte Técnico). Disponível em: [http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/504B40E488537AE083257AA2005EA7F6/\\$FILE/Encarte%2097.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/504B40E488537AE083257AA2005EA7F6/$FILE/Encarte%2097.pdf). Acesso em: 13 jan. 2020.

WÓJCIK, P. Uptake of mineral nutrients from foliar fertilization - review. **Journal of Fruit and Ornamental Plant Research**, Skierniewice, v. 12, p. 201-218, 2004.

ZHANG, Q.; BROWN, P. H. The Mechanism of Foliar Zinc Absorption in Pistachio and Walnut. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 3, n. 124, p. 312-317, 1999.