

## Teores de Macronutrientes em Cana Crua e Cana Queimada Associados a Adubação Nitrogenada<sup>(1)</sup>.

**Sérgio Gustavo Quassi de Castro<sup>(2)</sup>; Leandro Carneiro Barbosa<sup>(3)</sup>; Miguel Angelo Mutton<sup>(4)</sup>; Paulo Sérgio Graziano Magalhães<sup>(5)</sup>; Henrique Coutinho Junqueira Franco<sup>(6)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da bolsa de pós-graduação CAPES para o curso de mestrado.

<sup>(2)</sup> Estudante de Pós-Graduação (Doutorado); Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI-UNICAMP); Campinas, SP; sergio.castro@bioetanol.org.br; <sup>(3)</sup> Estudante de Pós-Graduação (Mestrado); Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI-UNICAMP); Campinas, SP; <sup>(4)</sup> Professor Doutor; Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV-UNESP); <sup>(5)</sup> Professor Doutor; Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI-UNICAMP); <sup>(6)</sup> Pesquisador Agrícola; Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE-CNPEM).

**RESUMO:** A palha presente no campo, oriunda da colheita mecanizada da cana crua, implica mudanças no comportamento da cana-de-açúcar como por exemplo, nos teores foliares de macronutrientes. O objetivo foi avaliar os teores foliares de macronutrientes em soqueira de cana-de-açúcar submetida a diferentes sistemas de colheita, associada a aplicação de doses distintas de nitrogênio na safra 2011/2012. O trabalho foi desenvolvido na região de Sales Oliveira-SP, em área comercial de cana-de-açúcar, com a variedade SP81-3250 (3º corte), em um Latossolo Vermelho Acriférico. O delineamento foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas, em quatro repetições, na qual, os tratamentos principais eram os sistemas de colheita (cana crua ou cana queimada); os tratamentos secundários as doses de N (0,30,60,90,120 e 160 kg ha<sup>-1</sup>), usando como fonte nitrogenada o nitrato de amônio (33% N). Os dados referentes aos teores foliares obtidos foram submetidos a ANOVA e quando significativos, comparados através do teste de Tukey (P<0,05), com o uso de regressões para comparação de doses. Os sistemas de colheita apresentaram diferenças somente no teor foliar do fósforo, onde a cana crua apresentou valores superiores a cana queimada. A aplicação crescente de nitrogênio promoveu maiores teores foliares de macronutrientes, principalmente para o nitrogênio e potássio.

**Termos de indexação:** Nutrição da Cana-de-Açúcar; Mecanização Agrícola; Sistemas de Colheita.

### INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca pela elevada eficiência fotossintética no ambiente tropical, conferindo alta produtividade na cultura da cana-de-açúcar (Oliveira, 2011). Apesar das conquistas numéricas obtidas a campo, a produtividade dos canaviais ainda se encontra abaixo do potencial genético dos cultivares atualmente utilizados, estimado em valores superiores a 300 Mg.ha<sup>-1</sup> (Albuquerque Silva, 2008).

O tipo de colheita da cana-de-açúcar pode influenciar a produção e longevidade da cultura, bem como os atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Na safra 2012/2013 70% da cana colhida em todo o país foi mecanicamente (“cana crua”) (Idea, 2012). Nesse sistema de colheita de “cana crua” a palhada presente na superfície do solo apresenta melhorias na fertilidade, formação e estabilização dos agregados, redução do escoamento superficial da água (runoff). Porém a contribuição destes resíduos na nutrição da cultura geralmente não é considerada no manejo da adubação nos ciclos agrícolas subseqüentes (Vitti et al., 2007).

A ciclagem dos nutrientes imobilizados nos restos vegetais da cultura sob sistema de cana crua é mais lento, onde, somente 20 % da matéria seca e 18% do N estarão mineralizados no solo, ao passo que, na totalidade de fósforo e enxofre permanecem inalterados após esses 12 meses do corte da cana (Oliveira et al., 1999).

O aumento na produtividade da cana-de-açúcar com a adubação nitrogenada pode relacionar-se entre outros fatores ao efeito positivo na absorção de outros nutrientes não somente na parte subterrânea, mas também nos demais compartimentos da parte aérea (Franco et al., 2008). O nitrogênio pode mostrar interação com outros elementos (Faroni, 2008). Sua presença ou suprimento pode mostrar aumento (sinergismo) ou diminuição (inibição e antagonismo) no teor de outros elementos (Oliveira et al., 2011). Os casos mais comuns de sinergismos são: NxCa, NxMg, Os de antagonismo: NxB, NxS (Malavolta et al., 2007).

As quantidades absorvidas de macro e micronutrientes pela cana-de-açúcar são influenciadas por diversos fatores como solo, clima, pluviosidade, fertilizações minerais, cultivar e o ciclo da cultura (Tasso Junior et al., 2007). De forma geral a seguinte ordem decrescente: K>N>P>Ca>S>Mg>Cl>Fe>Zn>Mn>Cu>B>Mo (Malavolta, 1994).

O trabalho teve por objetivo avaliar teores de macronutrientes foliares em cana soca, colhida com

e sem despalha a fogo, submetida a diferentes doses de fertilizante nitrogenado.

### MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na região de Sales Oliveira – SP, (20°52'31"S, 47°57'56"W), em um Latossolo Vermelho Acriférrico, caracterizado como ambiente de produção D1 para o cultivo da cana-de-açúcar, apresentando baixa retenção de água, baixa saturação de base (V%) e média capacidade de troca catiônica (CTC). A variedade utilizada foi a SP81-3250 estando em segunda soca (3º corte), na qual apresenta maturação média e boa brotação sobre a palha.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas, em quatro repetições, na qual, os tratamentos principais (parcelas) eram os sistemas de colheita (cana crua ou cana queimada); os tratamentos secundários (subparcela) as doses (0,30,60,90,120, e 160 kg ha<sup>-1</sup> N) aplicados em soqueira, utilizando como fonte nitrogenada o nitrato de amônio (33%N).

Previamente a instalação dos tratamentos foi realizada amostragem de solo na profundidade de 0-0,2m, para avaliação dos atributos químicos do solo, e correções necessárias elevando o pH próximo a 6 e saturação de bases (V%) a 60. Foram encontrados os respectivos valores de pH (CaCl<sub>2</sub>): 4,9, M.O: 22g dm<sup>-3</sup>, P resina: 21mg dm<sup>-3</sup>, S: 26mg dm<sup>-3</sup>, K: 1,1mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> Ca: 15mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> Mg:5mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> Al: 1mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> H+Al: 33, SB: 21,7 CTC (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>):54,7 e V%:39,7. Na caracterização granulométrica obteve valores de 719 e 742 g kg<sup>-1</sup> de argila para as camadas de 0-0,2 e 0,2-0,4 m do solo.

A instalação dos tratamentos primários ocorreu em julho de 2009, estando a cana-de-açúcar no primeiro corte. Para a instalação dos tratamentos primários, foi planejada uma logística para a colheita da cana crua e da cana queimada ser o mais próximo possível. Após a queima foi realizado o corte e transporte da cana queimada, de forma que não houve diferença temporal entre a colheita da cana crua e cana queimada, a qual poderia influenciar a brotação.

Dez dias após a colheita (10 DAC) foi realizada a fertirrigação com vinhaça em área total, aplicando ao solo 150 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O.

Aos 120 DAC (novembro - 2010) foi feita a instalação das subparcelas, na qual a aplicação do fertilizante nitrogenado com suas respectivas doses, foram feitas de forma manual, em uma faixa com 0,10 m de largura ao lado da soqueira de cana-de-açúcar em todas linhas constituintes das subparcelas.

Em janeiro de 2011, época de maior desenvolvimento vegetativo, foi feita a retirada de

folhas para quantificação do teor de macronutrientes. Como critério de amostragem foliar, adotou-se o método proposto por (Raij et al., 2001), na qual em cada bloco trinta colmos ao acaso foram amostrados, retirando-se a folha +1 (folha mais alta com colarinho visível "TVD"), considerando os 20 cm centrais, excluída a nervura central. Determinaram-se as concentrações de N, P, K, Ca, Mg, segundo metodologia descrita por Bataglia et al. (1983).

Na análise estatística dos dados e uso de regressões, utilizou-se o programa estatístico AgroEstat (Barbosa et al., 2011). Os dados foram submetidos a ANOVA, e as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey (P<0,05).

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de nitrogênio em soqueira promoveu uma maior concentração do mesmo na folha da cana-de-açúcar (**Tabela 1**), na qual as doses acima de 90 kg ha<sup>-1</sup> N e 60 kg ha<sup>-1</sup> N apresentaram maiores teores para cana queimada e cana crua respectivamente. Os teores foliares apresentados condiz com o apresentado por Tasso Júnior et al. (2007), sendo que tais valores não são altos, devido ao solo apresentar caráter ácido, limitando o desenvolvimento da cultura. Assim quando se eleva o teor de N a cana-de-açúcar produz mais fitomassa e esse aumento do nutriente nas folhas está relacionado ao aumento do seu conteúdo no solo ou no fornecimento de N pela adubação, corroborando com Franco et al. (2008);Malavolta et al. (2007), justificando assim o efeito quadrático do aumento da dose de N nos teores foliares.

O P é um elemento essencial para a produção, o baixo teor no solo pode limitar a produção e a resposta a adubação nitrogenada aplicada em cana soca (Oliveira, 2011). A cana crua apresentou maiores teores foliares de fósforo (**Tabela 2**). A presença da palha e a manutenção da umidade do solo por um período maior de tempo pode ter propiciado melhores condições de desenvolvimento tanto para a planta como para o seu sistema radicular (Otto, 2012). As regressões não foram significativas, demonstrando que o teor de P na folha diagnóstico, não segue uma tendência de acordo com a interação dose de N, sistema de colheita (Faroni, 2008).

Os sistemas de colheita não influenciaram a absorção de potássio pela planta, e as regressões foram não significativas (**Tabela 3**), apesar de que na cana crua o potássio presente na palhada, é facilmente encaminhado ao solo para ser aproveitado pela soqueira, na qual esperava-se maior concentração foliar de K na cana crua. Comportamento oposto fora observado por Faroni et al. (2003).

As doses de N utilizadas promoveram aumento no teor de Ca nas folha (**Tabela 4**), principalmente na dose máxima (160 kg ha<sup>-1</sup>N), justificando assim que a resposta da cana-de-açúcar a nitrogênio é extremamente dependente da disponibilidade de Ca (Malavolta et al., 2007). As regressões apontaram efeito linear para o sistema de colheita onde tanto na cana crua ou queimada, o aumento da dose de N aumentou o teor foliar de Ca, demonstrando existir sinergismo na interação NxCa (Faroni, 2008).

O teor foliar de magnésio apresentou efeito linear referente a dose de N empregada (**Tabela 5**). Todavia, os valores não são altos, estão no limite inferior da adequação nutricional da cana-de-açúcar proposto por Raij et al. (1997), o que sugere ter ocorrido deficiência de Mg, ou sua indisponibilização no solo (Faroni, 2008). Essa diminuição no teor de Mg na folha, pode ser indicativo da diminuição da produção de clorofila, já que 10% do Mg total da folha pode estar na clorofila (Malavolta et al., 1997).

### CONCLUSÕES

O sistema de colheita adotado influencia somente o teor foliar do fósforo na planta, onde a cana crua apresenta maiores valores que a cana queimada.

A aplicação de nitrogênio em diferentes doses promove diferença nos teores foliares de macronutrientes na cana soca, principalmente para o nitrogênio e cálcio.

### REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A.C.S.; SILVA, A.S. Agricultura Tropical: quatro anos décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008, v.1: produção e produtividade agrícola. p.840-1000.

BARBOSA, J.C.; MALDONADO JÚNIOR, W. AgroEstat – Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos, 1: 1-626, 2011.

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. Métodos de análise química de plantas. Campinas: Instituto Agronômico, Campinas, 1983. 41p. (Boletim Técnico, 78).

FARONI, C.E. Eficiência agronômica das adubações nitrogenadas de plantio e após o primeiro corte avaliada na primeira soca da cana-de-açúcar. 190f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

FARONI, C.E.; VITTI, A.C.; GAVA, G.J.C.; MANZONI, C.S.; PENATTI, C.P. TRIVELIN, P.C.O.; Degradação da palha (15N) de cana-de-açúcar em dois anos consecutivos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. Anais... Ribeirão Preto: UNESP; SBCS, 2003. CD-ROM.

FRANCO, H.C.J.; CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P.C.O.; VITTI, A.C.; OTTO, R.; FARONI, C.E.; SARTORI, R.H.; TRIVELIN, M.O. Acúmulo de nutrientes pela cana planta. STAB Açúcar Álcool e Subprodutos, 26:47-51, 2008.

IDEA Instituto de Desenvolvimento Agroindustrial – Boletim Mensal Agrícola do IDEA – Disponível em: (www.ideaonline.com.br) , Acesso em: 12 de Jun. 2012.

MALAVOLTA, E. Fertilizing for high yield sugarcane. Basel: International Potash Institute, 1994. 104p.

MALAVOLTA, E.; MORAES, M.F. Fundamentos do nitrogênio e do enxofre na nutrição mineral das plantas cultivadas. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S.; VITTI, G.C. (Ed.). Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira. Piracicaba: IPNI Brasil, 2007. Cap. 6, p.189-249.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional de plantas. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

OLIVEIRA, E.C.A. de. Balanço Nutricional da Cana-de-Açúcar relacionado à Adubação Nitrogenada. 215p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

OLIVEIRA, E.C.A.; FREIRE, F.J.; OLIVEIRA, R.I.; FREIRE, M.B.G.S.; SIMÕES NETO, D.E.; OLIVEIRA, A.C. Acúmulo e alocação de nutrientes em cana-de-açúcar. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, 2011. No Prelo.

OLIVEIRA, M.W.; TRIVELIN, P.C.O.; PENATTI, C.P.; PICCOLO, M.C. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar em campo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 34:2359-2362, 1999.

OTTO, R. Desenvolvimento radicular e produtividade da cana-de-açúcar relacionados a mineralização do N do solo e a adubação nitrogenada. 2012. 118p. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico, Fundação IAC, 1997.

RAIJ, B. van; GHEYI, H.R.; BATAGLIA, O.C. Determinação da condutividade elétrica e de cátions solúveis em extratos aquosos de solos. In Raij, B. van; Andrade, J.C.; Cantarella, H.; Quaggio, J.A. (Ed.) Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. 1.ed. Campinas, Instituto Agronômico, 2001, p. 277-284.

TASSO JUNIOR, L.C.; MARQUES, M.O.; CAMILOTTI, F.; SILVA, T. Extração de macronutrientes em cinco variedades de cana-de-açúcar cultivadas na região centro norte do Estado de São Paulo. STAB. Açúcar Álcool e Subprodutos, Piracicaba, 25:38-42, 2007.

VITTI, A.C.; TRIVELIN, P.C.O.; GAVA, G.J.C. Produtividade da cana-de-açúcar relacionada ao nitrogênio residual da adubação e do sistema radicular. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 42:49-256, 2007.

**Tabela 1:** Valores médios foliares ( $\text{g kg}^{-1}$ ) para o nitrogênio em função dos sistemas de colheita e doses de nitrogênio ( $\text{kg ha}^{-1}\text{N}$ ).

Dose	0	30	60	90	120	160	Média	F
<b>Cana Crua</b>	14,64C	14,76C	16,38B	16,23B	16,85AB	17,63A	16,08a	25,54**
<b>Cana Queimada</b>	13,47C	13,61C	15,35B	17,03A	16,92A	17,48A	15,64a	58,31**
<b>F</b>	12,35**	11,70**	9,58**	5,70**	0,04ns	0,21ns		

F: sistema de colheita: 9,53\*; doses: 77,88\*\*; sistema de colheita x doses: 5,97\*. Coeficiente de variação (CV%): 4,43%; 4,16%, respectivamente para sistema de colheita, e doses. DMS(5%) gerais:0,4569; 0,6869 para sistema de colheita e doses. DMS(5%) interação: 0,4539. F regressão quadrática 8,04\*\*,  $R^2$ : 0,9486( $y = 13,7821 + 0,0355x - 0,000073x^2$ ); Letras maiúsculas comparam médias na horizontal e letras minúsculas comparam médias na vertical.

**Tabela 2:** Valores médios foliares ( $\text{g kg}^{-1}$ ) para o fósforo em função dos sistemas de colheita e doses de nitrogênio ( $\text{kg ha}^{-1}\text{N}$ ).

Dose	0	30	60	90	120	160	Média	F
<b>Cana Crua</b>	1,98A	1,96A	1,97A	2,00A	2,01A	2,00A	1,98a	0,95ns
<b>Cana Queimada</b>	1,73B	1,68B	1,77AB	1,82AB	1,89A	1,91A	1,80b	5,66**
<b>F</b>	20,55**	16,06**	11,67**	9,13**	4,70*	2,35ns		

F: sistema de colheita: 37,64\*\*; doses: 5,19\*\*; sistema de colheita x doses: 1,42ns. Coeficiente de variação (CV%): 7,51%; 5,71%, respectivamente para sistema de colheita, e doses. DMS(5%) gerais:0,0922; 0,1122 para sistema de colheita e doses. DMS(5%) interação: 0,1586. F regressão linear e quadrática, respectivamente: 0,70ns, 1,90ns. Letras maiúsculas comparam médias na horizontal e letras minúsculas comparam médias na vertical.

**Tabela 3:** Valores médios foliares ( $\text{g kg}^{-1}$ ) para o potássio em função dos sistemas de colheita e doses de nitrogênio ( $\text{kg ha}^{-1}\text{N}$ ).

Dose	0	30	60	90	120	160	Média	F
<b>Cana Crua</b>	13,31AB	13,06B	13,44AB	13,75AB	14,31A	13,25AB	13,52a	2,66*
<b>Cana Queimada</b>	12,06B	12,69AB	12,69AB	13,06AB	13,19AB	13,37A	12,84a	2,91*
<b>F</b>	7,19*	0,65ns	2,59ns	2,17ns	5,82*	0,07ns		

F: sistema de colheita: 5,07ns; doses: 3,90\*\*; sistema de colheita x doses: 1,66ns. Coeficiente de variação (CV%): 11,17%; 5,92%, respectivamente para sistema de colheita, e doses. DMS(5%) gerais:0,9568; 0,8128 para sistema de colheita e doses. DMS(5%) interação: 1,1495. F regressão linear 13,01\*\*,  $R^2$ : 0,6674( $y = 12,7722+0,0053x$ ); Letras maiúsculas comparam médias na horizontal e letras minúsculas comparam médias na vertical.

**Tabela 4:** Valores médios foliares ( $\text{g kg}^{-1}$ ) para o cálcio em função dos sistemas de colheita e doses de nitrogênio ( $\text{kg ha}^{-1}\text{N}$ ).

Dose	0	30	60	90	120	160	Média	F
<b>Cana Crua</b>	2,74B	2,78B	3,04AB	2,82B	3,00B	3,42A	2,97a	7,23**
<b>Cana Queimada</b>	2,36B	2,25B	2,77A	2,93A	3,02A	3,15A	2,75a	15,09**
<b>F</b>	4,18ns	7,86*	1,98ns	0,35ns	0,01ns	2,07ns		

F: sistema de colheita: 2,31ns; doses: 18,97\*\*; sistema de colheita x doses: 3,36\*\*. Coeficiente de variação (CV%): 24,95%; 9,29%, respectivamente para sistema de colheita, e doses. DMS(5%) gerais:0,4633; 0,2765 para sistema de colheita e doses. DMS(5%) interação: 0,3910. F regressão linear 85,84\*\*,  $R^2$ : 0,9050( $y = 2,4995 + 0,0046x$ ); Letras maiúsculas comparam médias na horizontal e letras minúsculas comparam médias na vertical.

**Tabela 5:** Valores médios foliares ( $\text{g kg}^{-1}$ ) para o magnésio em função dos sistemas de colheita e doses de nitrogênio ( $\text{kg ha}^{-1}\text{N}$ ).

Dose	0	30	60	90	120	160	Média	F
<b>Cana Crua</b>	1,00AB	1,01AB	1,14A	0,96B	1,14A	1,11A	1,05a	5,15**
<b>Cana Queimada</b>	0,91B	0,89B	1,08A	1,17A	1,23A	1,24A	1,08a	16,69**
<b>F</b>	0,96C	0,95C	1,11AB	1,05BC	1,19A	1,17A		

F: sistema de colheita: 3,56ns; doses: 14,47\*\*; sistema de colheita x doses: 7,37\*\*. Coeficiente de variação (CV%): 7,38%; 10,13%, respectivamente para sistema de colheita, e doses. DMS(5%) gerais:0,0513; 0,1129 para sistema de colheita e doses. DMS(5%) interação: 0,1596. F regressão linear 4,38\*,  $R^2$ : 0,7825( $y = 0,9514 + 0,00155x$ ); Letras maiúsculas comparam médias na horizontal e letras minúsculas comparam médias na vertical.