

## Qualidade tecnológica de cana soca mediante aplicação de nitrogênio e escória de siderurgia

Natália Regina de Campos Nóia<sup>1</sup>, Marcelo Jara Davalo<sup>1</sup>, Renato de Mello Prado<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Unesp Jaboticabal - Departamento de solos e adubos

natalia\_campos\_17@hotmail.com

**Resumo:** Os estudos a respeito da dinâmica do nitrogênio no cultivo das soqueiras em sistema de cana crua são escassos principalmente em interação com silício, sobretudo, em relação aos efeitos sobre a qualidade tecnológica. Diante disso o objetivo da pesquisa foi avaliar o efeito da aplicação de nitrogênio em cobertura associado ao uso da escória de siderurgia sobre a qualidade tecnológica da cana soca. O experimento foi desenvolvido na terceira soca da cana-de-açúcar em sistema de colheita sem despalha a fogo, em um Latossolo Vermelho distrófico, textura média. O delineamento aplicado foi de blocos ao acaso, os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 5x2, cinco doses de nitrogênio (0; 40; 80; 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> na forma de uréia) e dois materiais corretivos, a escória de siderurgia (0,9 t ha<sup>-1</sup>) e calcário (1,0 t ha<sup>-1</sup>), com quatro repetições. Para os resultados obtidos, foi aplicada análise de variância e para os dados com teste F significativo foi aplicado o estudo de regressão polinomial. Avaliou-se a qualidade tecnologia por meio da amostragem de 10 colmos da linha central de cada parcela. Na análise foram determinados os sólidos solúveis, Pol, AR Caldo, AR Cana, ART, Fibra, Pureza e ATR. As doses de N, independentemente do uso da escória de siderurgia, não afetaram a qualidade tecnológica da cana soca.

**Palavras-chave:** efeito, soqueira, calcário, silicato, interação

### Technological quality of ratoon cane by applying nitrogen and slag

**Abstract:** The studies on the nitrogen dynamics in the cultivation of brass knuckles in raw sugarcane system are scarce especially in interaction with silicon, particularly regarding the effects on the technological quality. Therefore the objective of the research was to evaluate the effect of nitrogen application in coverage associated with the use of the slag on the technological quality of sugarcane ratoon. The experiment was conducted in the third ratoon cane-cane harvesting system without straw removal by burning in an Oxisol, medium texture. The experimental design used was randomized blocks, treatments were arranged in a 5x2 factorial arrangement five nitrogen rates (0, 40, 80, 120 and 160 kg ha<sup>-1</sup> as urea) and two corrective materials, slag (0,9 t ha<sup>-1</sup>) and limestone (1,0 t ha<sup>-1</sup>), with four replications. For the results, analysis of variance was applied and the data with significant F test was applied to the study of polynomial regression. We evaluated the quality technology by sampling 10 stalks the center line of each plot. In the analysis were determined soluble solids, Pol, AR Bouillon, AR Cana, ART, Fiber, Purity and ATR. The N, regardless of the use of the slag, did not affect the technological quality of ratoon cane.

**Keywords:** effect, stumps, lime, silicate, interaction

### Introdução

A cana-de-açúcar é uma das culturas mais importantes frente ao cenário socioeconômico nacional, sendo utilizada como matéria prima na produção de açúcar e etanol (Fabris et al., 2013). O sistema de colheita de cana-de-açúcar devido à legislação ambiental foi alterado da colheita manual com uso de despalha a fogo para colheita mecanizada “cana crua” (Oliveira, 2003).

O sistema de cana crua tem-se tornado eficiente para o acúmulo de material orgânico no solo (Amado et al., 2001). No entanto neste sistema de produção têm-se poucas informações a respeito da dinâmica do nitrogênio no cultivo das soqueiras (Gava et al., 2001; Costa et al., 2003).

A adubação nitrogenada é uma das práticas mais demandadas em pesquisas com a cultura da cana-de-açúcar e merece atenção especial, visto que, estudos sobre nitrogênio apresentam resultados muito variáveis, e muitas por vezes, até mesmo contraditórios (Korndorfer et al., 2002).

Na literatura existem trabalhos que não observaram resposta das soqueiras à aplicação de nitrogênio, atribuindo-se a perda do nitrogênio por volatilização, especialmente quando a aplicação é realizada sobre a palhada (Prado & Pancelli, 2008), ou devido à imobilização microbiológica do nitrogênio (Vitti et al., 2007) ou ainda pela fixação biológica de nitrogênio por bactérias diazotróficas (Urquiaga et al., 2011).

Em síntese a aplicação de nitrogênio pode promover o aumento da produtividade da cana-de-açúcar, especialmente no cultivo das soqueiras, e também pode gerar efeito sinérgico na absorção de outros elementos. Contudo, há informações que o incremento da adubação nitrogenada pode promover a redução nos teores de outros elementos como o silício (Fonseca, 2011).

Apesar do silício não ser considerado um elemento essencial ao desenvolvimento das plantas seu efeito benéfico tem sido constatado em muitas espécies vegetais, sobretudo, quando estas plantas passam por estresse, seja ele de caráter biótico ou abiótico (Korndorfer et al., 2002, Fonseca, 2011).

Após ser absorvido, o silício é depositado na parede celular, contribuindo para o fortalecimento da estrutura da planta além do aumento da resistência ao acamamento (Epstein, 1999). Assim sendo a aplicação de fontes de silício pode promover a máxima expressão do nitrogênio, que por sua vez, refletirá no aumento de produção de colmos e consequentemente no teor de açúcar. Frente ao exposto, o objetivo da pesquisa foi avaliar o efeito da aplicação de nitrogênio em cobertura associado ao uso da escória de siderurgia sobre a qualidade tecnológica da cana soca.

### **Material e Métodos**

O experimento foi executado na terceira soqueira de cana-de-açúcar no período de julho de 2011 a maio de 2012 na fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção da FCAV/UNESP, no campus da cidade de Jaboticabal-SP. Localizada a 610 metros de altitude, nas coordenadas geográficas de 21°15'22" S e 48°15'18" W. O solo foi classificado por Andrioli e Centurion (1999) como um Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2006).

A variedade cultivada é RB855156, classificada como precoce, com corte entre os meses de abril e maio, atingindo uma produtividade média, sendo indicada para cultivo em solos de média exigência em fertilidade, possui boa capacidade de brotação das soqueiras, atinge porte médio e se adapta a colheita mecanizada (PMGCA, 2008). A precipitação pluvial total durante a terceira soqueira foi de 1049,6 mm (Estação Agroclimatológica FCAV/Unesp, 2012).

O delineamento aplicado foi blocos casualizados, num esquema fatorial 5x2, cinco doses de nitrogênio e dois materiais corretivos, a escória de siderurgia (presença de silício) e o calcário (ausência de silício), com quatro repetições. A adubação nitrogenada foi aplicada na cana-planta (safra 2008-2009), primeira soqueira (safra 2009-2010) e repetida na segunda soqueira (safra 2010-2011) e na terceira soqueira (2011-2012).

Na cana-planta foram aplicadas as doses de 0; 30; 60; 90; 120 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de ureia (44% de N). Na primeira soqueira as doses de N empregadas foram 0; 40; 80; 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> na forma de ureia (44% de N), entretanto sem aplicação dos

materiais corretivos. As doses de nitrogênio empregadas na segunda soqueira foram iguais às utilizadas na primeira soqueira.

Para o estabelecimento das doses dos corretivos empregou-se a quantidade necessária para elevar V% a 60, conforme recomendação para cana-de-açúcar no Estado de São Paulo (Spironello et al., 1997). Na cana planta foi aplicado calcário (PRNT = 86,2%, CaO = 41,4% e MgO = 10,6%) e escória de siderurgia (PRNT = 72,3%, CaO = 42,1%, MgO = 12,4%, Si total 15%), aplicando-se 2,19 e 2,61 t ha<sup>-1</sup>.

Na segunda soqueira foi aplicada metade da dose recomendada devido à aplicação ser superficial e sem incorporação (Rossetto et al., 2004). E aplicado 1,0 t ha<sup>-1</sup> de calcário (PRNT = 85,08%; Poder de Neutralização = 99,87%; CaO = 36,40%; MgO = 14,00%), e 0,9 t ha<sup>-1</sup> de escória de siderurgia (PRNT = 88%; CaO=34,9%; MgO=9,9%; Si=10,5%).

Após o corte da segunda soqueira foram coletas amostras de solo na camada superficial (0-20 cm). E após a análise de solo obtiveram-se os seguintes resultados para os tratamentos com escória de siderurgia e calcário: pH (CaCl<sub>2</sub>): 4,3 e 4,3; MO: 14 e 14 g dm<sup>-3</sup>; P-resina: 11 e 11 mg dm<sup>-3</sup>; K: 0,6 e 0,6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca: 9 e 9 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg: 4 e 3 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al: 36 e 37 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; SB: 13,4 e 12,7 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC: 49,8 e 49,1 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V%: 27 e 26 (RAIJ et al., 2001).

Na terceira soqueira, que corresponde a presente pesquisa, as doses de nitrogênio empregadas foram 0; 40; 80; 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> na forma de ureia (44% de N), sem aplicação dos corretivos. O nitrogênio foi aplicado 15 dias após a brotação da cana-de-açúcar no lado direito a 10 cm da linha de plantio. Na ocasião também foi aplicado o potássio na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O de modo uniforme em todos os tratamentos.

Cada unidade experimental foi composta por quatro linhas de 6 m de comprimento, espaçadas 1,5 m entre si, totalizando uma área de 36 m<sup>2</sup>. As parcelas foram separadas por corredores de 1,5 m. Entretanto, na ocasião das avaliações considerou-se como área útil da parcela 18 m<sup>2</sup>, representada pelas duas linhas centrais. Durante a colheita foram coletados 10 colmos da linha central de cada parcela para a avaliação da qualidade tecnológica da cana-de-açúcar.

Na análise tecnológica foram determinados sólidos solúveis, Pol, sendo calculado AR Caldo, AR Cana, ART, Fibra, Pureza e ATR segundo os métodos descritos por Conseca (2006). Para os resultados obtidos, foi aplicada análise de

variância e para os dados com teste F significativo foi aplicado o estudo de regressão polinomial (Pimentel-Gomes e Garcia, 2002).

### Resultados e Discussão

Não foi observada diferença significativa na interação dos tratamentos (corretivos e doses de N) sobre a qualidade tecnológica da cana-de-açúcar (Tabela 1). Os resultados obtidos na qualidade tecnológica da terceira soqueira apresentaram as seguintes características: AR (1,18 A 1,25%), ART (21,37 A 21,88%), Pol (19,10 a 19,61%), Fibra (12,01 a 12,20%) e Pureza (88,84 a 98,98%). Conforme Ripoli e Ripoli (2004) os teores de Pol (>14); pureza (>85%); ATR (15%); AR (>0,8%) e fibra (11,52 a 13,11%) são tidos como valores adequados para caracterização de uma cana madura.

**Tabela 1.** Efeito dos tratamentos na qualidade tecnológica da terceira soqueira de cana-de-açúcar.

Tratamentos	<sup>1</sup> AR	<sup>2</sup> PC	<sup>3</sup> ART	<sup>4</sup> Brix	Pol	Fibra	Pureza	PBU	<sup>5</sup> ATR
	-----%-----								t ha <sup>-1</sup>
Corretivos (C)									
Escória	1,23	16,44	21,72	21,42	19,47	12,15	90,87	140,94	148,34
Calcário	1,22	16,18	21,33	21,27	19,10	12,01	90,01	139,12	148,75
Teste F	0,01 <sup>NS</sup>	3,05 <sup>NS</sup>	3,87 <sup>NS</sup>	0,22 <sup>NS</sup>	3,72 <sup>NS</sup>	1,20 <sup>NS</sup>	1,03 <sup>NS</sup>	1,20 <sup>NS</sup>	1,19 <sup>NS</sup>
Doses de Nitrogênio (N)									
0 (kg ha <sup>-1</sup> )	1,24	16,20	21,44	21,18	19,19	12,20	90,61	141,58	148,20
40 (kg ha <sup>-1</sup> )	1,25	16,61	21,88	22,17	19,61	11,96	88,84	138,58	148,87
80 (kg ha <sup>-1</sup> )	1,25	16,21	21,45	21,10	19,19	12,14	90,96	140,76	148,39
120 (kg ha <sup>-1</sup> )	1,22	16,29	21,49	21,17	19,26	12,04	90,98	139,56	148,66
160 (kg ha <sup>-1</sup> )	1,18	16,22	21,37	21,12	19,18	12,05	90,79	139,65	148,64
Teste F	2,17 <sup>NS</sup>	1,07 <sup>NS</sup>	0,87 <sup>NS</sup>	1,63 <sup>NS</sup>	0,75 <sup>NS</sup>	0,39 <sup>NS</sup>	0,91 <sup>NS</sup>	0,39 <sup>NS</sup>	0,38 <sup>NS</sup>
	-----Teste F-----								
(C) x (N)	2,60 <sup>NS</sup>	2,95 <sup>NS</sup>	3,14 <sup>NS</sup>	1,95 <sup>NS</sup>	2,90 <sup>NS</sup>	1,10 <sup>NS</sup>	1,10 <sup>NS</sup>	1,10 <sup>NS</sup>	1,08 <sup>NS</sup>
CV%	4,08	2,93	2,88	4,79	3,08	3,48	2,96	3,75	0,80

<sup>NS</sup> não significativo ( $p \geq 0.05$ ) em relação ao Teste F. <sup>1</sup>AR Caldo: açúcar recuperável do caldo; <sup>2</sup>AR Cana: açúcar recuperável da cana; <sup>3</sup>ART: açúcares redutores totais; <sup>4</sup>Brix: concentração sólidos solúveis; <sup>5</sup>ATR: açúcar total recuperável.

Prado e Pancelli (2006) ressaltaram que a ausência de efeito significativo no rendimento do açúcar pode ser explicada pelos tratamentos (doses de N) não afetarem o rendimento dos colmos, uma vez que existe relação direta de rendimento de colmos e rendimento de açúcar por área (Prado, 2001). Elawad et al. (1982) ressaltaram que este

fator está associado ao incremento no número de colmos por área e da altura dos colmos, não especificamente à qualidade tecnológica (pol e °brix) por unidade de colmo.

Silveira e Crocomo (1990) obtiveram decréscimo no teor de sacarose em plantas cultivadas em altas concentrações de nitrogênio. Resultados discordantes foram obtidos por Vitti et al. (2007) que não observaram este decréscimo no teor de sacarose mesmo em doses mais elevadas de nitrogênio, os autores atribuíram isto as baixas reservas de nitrogênio no solo e a própria mineralização (Vitti, 2003). Outro fator estava ligado a quantidade de resíduos orgânicos deixados sobre o solo após a colheita, que pode ter contribuído para a imobilização microbiológica do nitrogênio aplicado, acarretando na queda da disponibilidade do nutriente para as plantas.

Prado et al. (2003) mediante a aplicação da escória de siderurgia na cultivar SP80-1842 também não observaram efeito significativo sobre o valor de °Brix, ainda que tal prática tenha resultado no aumento significativo no rendimento de colmos, apresentando efeito linear com a variável ATR. Estes mesmos autores ressaltam que cada tonelada de colmos de cana-de-açúcar esteve diretamente relacionada com a produção de 122 kg ha<sup>-1</sup> de açúcar.

Em contra partida Leite et al. (2008) ao aplicarem diferentes fontes e doses de escória de siderurgia verificaram que o valor de ATR da cultivar SP80-1816 não foi afetada, sendo verificado aumento apenas no teor de fibras do colmo. No entanto Matichenkov e Calvert (2002) indicaram aumento na concentração de açúcar das plantas. Neste sentido Fonseca (2011) relata que o principal reflexo da nutrição com silício na cana-planta foi o incremento de produção, no entanto mediante a aplicação da escória de siderurgia não houve efeito no teor de sacarose como também evidenciado por Kidder e Gascho (1977).

### Conclusão

As doses de N, independentemente do uso da escória de siderurgia, não afetaram a qualidade tecnológica da cana soca.

### Referências

AMADO, T. J. C.; C. BAYER, F. L. F. ELTZ. BRUM, A.C.R. 2001. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 25:189-197.

ANDRIOLI, I.; CENTURION, J.F. Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, 1999. **Anais**, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 32p. 1999.

CONSECANA-SP – Conselho dos Produtores de cana-de-açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo. **Manual de instruções**, CONSECANA-SP. 2006.

COSTA, M. C. G.; VITTI, G. C.; CANTARELLA, H. 2003. Volatilização de N-NH<sub>3</sub> de fontes nitrogenadas em cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. **Revista Brasileira de Ciência do solo** 27:631-637.

ELAWAD, S.H.; GASCHO, G.J.; STREET, J.J. Response of sugarcane to silicate source and rate. I.Growth and yield. *Agronomy Journal*, v.74, p.481-3, 1982.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 50, p. 641-664, 1999.

FABRIS, L.B.; FOLONIE, J.S.S.; CALONEGO, J.C.; SANTOS, D.H.; SANTO, G.S.; SILVA, P.C.G. 2013. Produtividade e desempenho de cana soca cultivada em diferentes espaçamentos e doses de adubação nitrogenada em cobertura. **Revista Agrarian** 6: 252-258.

FONSECA, I. M. 2011. **Atributos químicos do solo, nutrição e produtividade da cana-planta em função da aplicação de nitrogênio e de escória de siderurgia**. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, São Paulo.

GAVA, G.J.C.; TRIVELIN, P.C.O., OLIVEIRA, M. W.; PENATTI, C. P. 2001. Crescimento e acúmulo de nitrogênio em cana-de-açúcar cultivada em solo coberto com palha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 36: 1347-1354.

KIDDER, G.; GASCHO, G. J. **Silicate slag recommended for specified conditions in Florida sugar cane**. *Agronomy Facts*. Florida Cooperative Extension Service, University of Florida, n. 65. 1977.

KORNDORFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M.S. Papel do silício na produção de cana-de-açúcar. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**. 21: 6-9.

LEITE, G.M.V.; ANDRADE, L.A.B.; GARCIA, J.C.; ANJOS, I.A. Efeitos de fontes e doses de silicato de cálcio no rendimento agrícola e na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar, cultivar SP80-1816. **Ciência agrotecnologia**, v. 32, n. 4, p.1120-1125, 2008.

MATICHENKOV, V.V., D.V.CALVERT. 2002. Silicon as a beneficial element for sugarcane. **Journal American Society of Sugarcane Technologists**. v.22, p.21-30. 2002.

OLIVEIRA, A.M.S. **A relação capital-trabalho na agroindústria sucroalcooleira paulista e a intensificação do corte mecanizado: gestão do trabalho e certificação ambiental**. 2003. 219p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNESP, Presidente Prudente.

PIMENTEL-GOMES, F. e C. H. GARCIA. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: FEALQ, 309p. 2002.

PMGCA – Programa de Melhoramento Genético da cana-de-açúcar. **Variedades RB de cana-de-açúcar**. Centro de Ciências Agrárias/UFSCAR, 2008.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; NATALE, W. Efeito residual de escória de siderurgia como corretivo da acidez do solo na soqueira da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 287-296, 2003.

PRADO, R.M. Qualidades tecnológicas da cana-planta e da cana-soca em função da aplicação da escória de siderurgia e do calcário. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 2, n. 1-2, p. 61-66, 2001.

PRADO, R.M.; PANCELII, M.A. Nutrição Nitrogenada em Soqueiras e a Qualidade Tecnológica da cana-de-açúcar. **STAB**. 2006.

PRADO, R.M.; PANCELII, M.A. 2008. Resposta de soqueiras de cana-de-açúcar à aplicação de nitrogênio em sistema de colheita sem queima. **Bragantia** 67: 951-959.

RAIJ, B. van.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Eds.) **Análise química para avaliação da fertilidade do solo**. Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.

RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. Piracicaba: Barros & Marques Ed. Eletrônica, 2004. 302 p.

ROSSETTO, R.; SPIRONELLO, A.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Calagem para cana-de-açúcar e sua interação com doses de Potássio. **Bragantia**, v. 63, n. 1, p.105-119, 2004.

SILVEIRA, J.A.G.; CROCOMO, O.J. Assimilação de nitrogênio em cana-de-açúcar cultivada em presença de elevado nível de N e de vinhaça no solo. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.2, p.7-15, 1990.

SPIRONELLO, A., B. van RAIJ, C. P. PENATTI, H. CANTARELLA, J. L. MORELLI, J. ORLANDO FILHO, M. G. A. LANDELL e R. ROSSETTO. Cana-de-açúcar. In: B. van RAIJ, H. CANTARELLA, J. A. QUAGGIO e A. M. C. FURLANI.



**Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo.** 2 ed. rev. Campinas, São Paulo: Instituto Agrônômico, 237-239, 1997.

URQUIAGA, S.; XAVIER, R. P.; MORAIS, R. F.; BATISTA, R. B.; SCHULTZ, N.; LEITE, J. M.; SÁ, J. M.; BARBOSA, K.P.; RESENDE, A. S.; AALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. 2011. Evidence from field nitrogen balance and  $^{15}\text{N}$  natural abundance data for the contribution of biological  $\text{N}_2$  fixation to Brazilian sugarcane varieties. **Plant Soil**, DOI 10.1007/s11104-011-1016-3.

VITTI, A.C. **Adubação nitrogenada da cana-de-açúcar (soqueira) colhida mecanicamente sem a queima prévia:** manejo e efeito na produtividade. 2003. 114p. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba.

VITTI, A.C.; TRIVELN, 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, v.42, n.2, p.249-256, fev. 2007.

---

**Recebido para publicação em:** 27/12/2014

**Aceito para publicação em:** 30/03/2015