

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**RESPOSTA DA TERCEIRA SOQUEIRA DA CANA-DE-
AÇÚCAR À APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO NA PRESENÇA E
AUSÊNCIA DE SILÍCIO**

Natália Regina de Campos Nóia

Engenheira Agrônoma

2015

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**RESPOSTA DA TERCEIRA SOQUEIRA DA CANA-DE-
AÇÚCAR À APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO NA PRESENÇA E
AUSÊNCIA DE SILÍCIO**

Natália Regina de Campos Nóia

Orientador: Prof. Dr. Renato de Mello Prado

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo).

2015

N782r Nóia, Natália Regina de Campos
Resposta da terceira soqueira da cana-de-açúcar a aplicação de nitrogênio na presença e ausência de silício / Natália Regina de Campos Nóia. -- Jaboticabal, 2015

xii, 40 p. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015

Orientador: Renato de Mello Prado

Banca examinadora: Manoel Evaristo Ferreira, Aguinaldo José Freitas Leal

Bibliografia

1. Cana soca. 2. Ureia. 3. Escória. 4. Fertilidade. 5. Produção. I. Título. II. Jaboticabal--Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.84:633.61



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: RESPOSTA DA TERCEIRA SOQUEIRA DA CANA-DE-AÇÚCAR À APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO NA PRESENÇA E AUSÊNCIA DE SILÍCIO

AUTORA: NATÁLIA REGINA DE CAMPOS NÓIA

ORIENTADOR: Prof. Dr. RENATO DE MELLO PRADO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA (CIÊNCIA DO SOLO), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. RENATO DE MELLO PRADO

Departamento de Solos e Adubos / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. AGUNALDO JOSÉ FREITAS LEAL

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul / Chapadão do Sul/MS

Prof. Dr. MANOEL EVARISTO FERREIRA

Professor Aposentado do Departamento de Solos e Adubos / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Data da realização: 30 de março de 2015.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

NATÁLIA REGINA DE CAMPOS NÓIA - nascida em Três Lagoas, Mato Grosso do Sul, no dia 26 do mês de Setembro de 1989, filha de Adelmo Carlos Nóia e Vânia Cristina Campos. Formada em engenharia agrônômica pela Universidade Católica Dom Bosco- UCDB no ano de 2011, em Campo Grande, MS. Durante a graduação foi bolsista PROUNI e desenvolveu atividades como estagiária no Instituto São Vicente - Lagoa da Cruz sem vínculo empregatício, atuando na iniciação científica durante 24 meses. Em 2011 iniciou estágio remunerado na empresa de Sementes de Pastagens Safrasul atuando no laboratório de análises de viabilidade de sementes. No ano de 2012, no mês de Fevereiro, ingressou no curso de Mestrado de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo) na Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP, Campus de Jaboticabal como aluna especial, sendo bolsista TT3 FAPESP por 9 meses, atuando como colaboradora em projetos de pesquisa. No ano de 2013 ingressou como aluna regular, sendo bolsista CNPq por 24 meses participando do Grupo de Estudos GENPLANT, atuando como colaboradora em projetos de pesquisa.

“A vida é como andar de bicicleta, para manter-se em equilíbrio é preciso estar em movimento.”

Albert Einstein

Especialmente a minha filha Esther Cristina N6ia Jara Davalo, que veio para completar minha vida. A minha m6e, V6nia por acreditar em meus sonhos. Aos meus irm6os Hor6cio e Nilsilene por fazerem parte dessa caminhada. Ao meu companheiro Marcelo Jara Davalo, por toda sua ajuda.

Ofereço e Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado força em meio as adversidades durante os últimos dois anos.

A FCAV/UNESP e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo), pelo suporte para a realização da pesquisa.

Ao Prof. Dr. Renato de Mello Prado, por sua paciência, apoio e direcionamentos ao longo desta caminhada.

Aos membros da banca de qualificação, Prof. Dr. Mara Cristina Pessôa da Cruz e Prof. Dr. Jairo Osvaldo Gazetta, e aos membros da banca de defesa, Prof. Dr. Manoel Evaristo Ferreira e Prof. Dr. Aguinaldo José Leal, por suas contribuições neste trabalho.

Aos colegas do GENPLANT, Gustavo Caione, Cid Campos, Valeria Cavalcante, Thiago Almeida, Ricardo Vasconcelos, Leandro Moda, Marilena Braga, Bernardo Borges, por me auxiliarem nas avaliações de campo, bem como, em laboratório.

Ao CNPq e a FAPESP, pela bolsa de estudo concedida e pelo apoio financeiro para execução do projeto de pesquisa.

E a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste projeto.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE FIGURAS	xiii
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xv
I. INTRODUÇÃO	1
II. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Importância da cultura da cana-de-açúcar	3
2.2 Adubação nitrogenada	3
2.3 Uso da escória de siderurgia na agricultura	4
2.4 Interação nitrogênio e silício	6
III. MATERIAL E MÉTODOS	7
3.1 Área experimental	7
3.2 Cultura implantada e características da área experimental	7
3.3 Dados pluviais	8
3.4 Delineamento experimental e tratamento	8
3.5 Unidade experimental	9
3.6 Avaliações de crescimento e desenvolvimento da cana-de-açúcar	10
3.7 Avaliação de solo	11
3.8 Avaliação do estado nutricional e acúmulo de nutrientes	11
3.9 Avaliação da produção de colmos e análise tecnológica	12
3.9.1 Análises estatísticas.....	12
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
4.1 Efeitos dos tratamentos no solo	14
4.2 Efeitos dos tratamentos na nutrição e acúmulo de nutrientes.....	25
4.3 Efeitos da aplicação dos corretivos e doses de nitrogênio no desenvolvimento e na produção de colmos da cana-de-açúcar	28
4.4 Efeitos dos corretivos e doses de nitrogênio sobre a qualidade tecnológica	32
V. CONCLUSÃO	34
VI. REFERÊNCIAS	35

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Atributos químicos do solo em função das doses de N e da aplicação de calcário ou silicato, em quatro profundidades, aos 6 meses após a brotação da cana-de-açúcar e dezoito meses após a aplicação dos corretivos.....	17
Tabela 2. Comparação entre as médias de tratamento com corretivos dentro de profundidades e médias de profundidades dentro de tratamento de corretivos na amostragem aos 6 meses após a brotação e 18 meses após a aplicação dos corretivos.....	19
Tabela 3. Efeito de doses de nitrogênio dentro de profundidade sobre os atributos químicos do solo avaliados aos 6 meses após a brotação da cana-de-açúcar.....	20
Tabela 4. Atributos químicos do solo em função das doses de N e da aplicação de calcário ou silicato, em quatro profundidades, aos 12 meses após a brotação da cana-de-açúcar e vinte e quatro meses após a aplicação dos corretivos.....	21
Tabela 5. Efeito dos corretivos sobre os valores médios de H+Al e saturação por bases aos 12 meses após a brotação da cana-de-açúcar e vinte e quatro meses após a aplicação dos corretivos.....	22
Tabela 6. Comparação entre as médias de tratamento com corretivos dentro de profundidades e médias de profundidades dentro de tratamento de corretivos na amostragem aos 12 meses após a brotação da cana-de-açúcar e vinte e quatro meses após a aplicação dos corretivos.....	22
Tabela 7. Efeito de doses de nitrogênio dentro de profundidade sobre os atributos químicos do solo avaliados aos 12 meses após a brotação da cana-de-açúcar.....	23
Tabela 8. Estado nutricional da terceira soqueira de cana-de-açúcar (folha +1).....	24
Tabela 9. Acúmulo de nitrogênio e silício, nas folhas e nos colmos da terceira soqueira de cana-de-açúcar.....	25

Tabela 10. Efeito dos corretivos e doses de nitrogênio sobre a altura de plantas, número e diâmetro dos colmos de cana-de-açúcar aos 4, 9 e 12 meses após a brotação da terceira soqueira de cana-de-açúcar.....	28
Tabela 11. Efeito dos corretivos e doses de nitrogênio sobre a produtividade de colmos e produção de matéria seca de colmos e folhas da terceira soqueira da cana-de-açúcar.....	29
Tabela 12. Efeito dos tratamentos na qualidade tecnológica da terceira soqueira de cana-de-açúcar.....	31

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Precipitação pluvial mensal de julho de 2010 a julho de 2012, referente ao período de desenvolvimento da segunda e terceira soqueira de cana-de-açúcar.....	8
Figura 2. Croqui da área experimental com os tratamentos (C = calcário, E = escória de siderurgia, D1 = 0 kg ha ⁻¹ de N, D2 = 30 kg ha ⁻¹ de N, D3 = 60 kg ha ⁻¹ de N, D4 = 90 kg ha ⁻¹ de N, D5 = 120 kg ha ⁻¹ de N).....	10
Figura 3. Efeito das doses de nitrogênio dentro de corretivos sobre os valores de pH em CaCl ₂ , cálcio, magnésio, H+Al, saturação por bases e amônio 18 meses após a aplicação dos corretivos.....	18
Figura 4. Efeito de doses de nitrogênio dentro dos corretivos para nos valores médios de nitrato aos 12 meses após a brotação da cana-de-açúcar e vinte e quatro meses após a aplicação dos corretivos.....	22
Figura 5. Efeito da aplicação de doses de nitrogênio e de materiais corretivos para a produção de massa seca de folha.....	29

RESPOSTA DA TERCEIRA SOQUEIRA DA CANA-DE-AÇÚCAR À APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO NA PRESENÇA E AUSÊNCIA DE SILÍCIO

RESUMO – A escória de siderurgia surgiu na agricultura como fonte alternativa de material corretivo da acidez do solo, trazendo em sua composição o silício, considerado um elemento benéfico para as plantas. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de nitrogênio em cobertura associado ao uso da escória de siderurgia e calcário sobre as propriedades químicas do solo, o estado nutricional, o acúmulo de N e Si nas folhas e colmos, a produção de colmos e a qualidade tecnológica da terceira soqueira de cana-de-açúcar. O experimento foi desenvolvido em sistema de colheita sem despalha a fogo em um Latossolo Vermelho distrófico, textura média. O delineamento foi de blocos ao acaso, com tratamentos dispostos em esquema fatorial 5x2, cinco doses de nitrogênio (0; 40; 80; 120 e 160 kg ha⁻¹) e dois materiais corretivos, escória de siderurgia 0,9 t ha⁻¹ e calcário 1,0 t ha⁻¹, com quatro repetições. Foram avaliados os atributos químicos do solo, o desenvolvimento, o estado nutricional, a produção de matéria seca, a produção de colmos e a qualidade tecnológica da cana-de-açúcar. Aplicação dos corretivos afetou os teores de H+Al e a saturação por bases aos 12 meses. Houve interações dos corretivos, doses de N e profundidades aos 6 e 12 meses. Os tratamentos não afetaram o estado nutricional e o desenvolvimento da cultura, apesar de interação para acúmulo de matéria seca nas folhas. As doses de nitrogênio, independentemente do corretivo aplicado, não afetaram a produção de colmos e a qualidade tecnológica da cana-de-açúcar.

Palavras-Chave: cana soca, ureia, escória, fertilidade, produção

RESPONSE OF THE THIRD RATOON CANE SUGAR THE APPLICATION OF NITROGEN IN THE PRESENCE AND ABSENCE OF SILICON

ABSTRACT - The slag appeared in agriculture as an alternative source of corrective material soil acidity, bringing in its composition silicon, considered a beneficial element for plants. The objective of this study was to evaluate the effect of nitrogen application in coverage associated with the use of slag and limestone on the chemical properties of the soil, nutritional status, the accumulation of N and Si in the leaves and stems, producing stems and the technological quality of the third ratoon of sugarcane. The experiment was carried on without fire husking harvesting system in an Oxisol, medium texture. The design was a randomized block, with treatments arranged in a 5x2 factorial scheme, five nitrogen rates (0, 40, 80, 120 and 160 kg ha⁻¹) and two corrective materials, slag 0,9 t ha⁻¹ and limestone 1,0 t ha⁻¹, with four replications. They evaluated the soil chemical properties, development, nutritional status, the production of dry matter production of stems and the technological quality of sugarcane. Liming affected the H+Al contents and base saturation at 12 months. There were interactions corrective, N rates and depths at 6 and 12 months. The treatments did not affect the nutritional status and the development of culture, although interaction for dry matter accumulation in the leaves. Nitrogen rates, regardless of the correction did not affect the production of stems and the technological quality of sugarcane.

Keywords: ratoon cane, chemical attributes, straw, sugarcane, nutrients

I. 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). Atendendo a aspectos da legislação ambiental, recentemente houve mudanças no sistema produtivo da cana-de-açúcar, passando-se da colheita manual com uso de despalha a fogo para colheita mecanizada cana crua.

A adoção do sistema de cana crua tem indicado uma alternativa eficiente para o acúmulo de material orgânico no solo. Entretanto, neste novo sistema de produção têm-se poucas informações da dinâmica do nitrogênio no cultivo das soqueiras. Alguns autores afirmam que o uso da adubação nitrogenada em sistema de colheita mecanizada, tem promovido o incremento na produtividade das soqueiras da cana-de-açúcar (VITTI et al., 2007).

No entanto, existem resultados de pesquisas 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, ou devido à imobilização microbiológica do N ou fixação biológica de nitrogênio por bactérias diazotróficas.

Outro ponto a se destacar é que em sistemas de produção intensiva, onde há necessidade do aumento da fertilização nitrogenada, constantemente há relatos de aumento pronunciado da parte área durante o crescimento vegetativo, causando aumento da suculência e auto-sombreamento das plantas, deixando-as mais suscetíveis à penetração de agentes externos como pragas e doenças.

O uso da adubação silicatada pode controlar ou minimizar os efeitos deletérios ocasionados pela adubação nitrogenada, pois após a absorção, o silício é depositado nas paredes da epiderme proporcionando rigidez aos tecidos, conferindo-lhes também maior resistência ao ataque de pragas e doenças (MAUAD et al., 2013).

A fonte de silício mais abundante para uso na agricultura tem sido a escória de siderurgia, um subproduto das indústrias produtoras de ferro e aço,

constituído de silicato de cálcio e magnésio. Os efeitos benéficos da aplicação de escória têm sido constatados em várias espécies vegetais, sobretudo quando as plantas são submetidas a estresse seja ele, de caráter biótico ou abiótico.

No entanto, em alguns experimentos tem sido relatado que a escória apresenta reação mais lenta no solo quando comparada ao calcário (BRASSIOLI et al., 2009; GOMES et al., 2011), supondo-se que esta diferença seja em decorrência de sua granulometria mais grosseira, que diminui sua reatividade (RE).

Diante do exposto, a hipótese da presente pesquisa baseou-se no fato de que a adubação nitrogenada associada ao uso da escória de siderurgia possa incrementar a produtividade da cana-de-açúcar. Objetivou-se então avaliar o efeito da aplicação de nitrogênio em cobertura associado ao uso da escória de siderurgia e calcário sobre as propriedades químicas do solo, o estado nutricional, o acúmulo de N e Si nas folhas e colmos, a produção de colmos e a qualidade tecnológica da terceira soqueira da cana-de-açúcar.

II. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância da cana-de-açúcar

O Brasil possui uma grande extensão territorial com condições favoráveis ao cultivo de cana-de-açúcar, haja vista que, a cultura é uma das fontes para produção de energia renovável (SOUZA et. al., 2005), bem como para produção de álcool e açúcar (THEODORO, 2011). De acordo com o levantamento do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, a área cultivada com cana-de-açúcar colhida e destinada à atividade sucroalcooleira na safra 2013/14 foi estimada em 8.799.150 mil hectares (CONAB, 2013).

O estado de São Paulo é o maior produtor com 51,31% (4.515.360 hectares) da área plantada, seguido por Goiás com 9,3% (818.390 hectares), Minas Gerais com 8,0% (781.920 hectares), Mato Grosso do Sul com 7,09% (624.110 hectares), Paraná com 7,04% (620.330 hectares), Alagoas com 5,02% (442.590 hectares) e Pernambuco com 3,25% (286.030 hectares) conforme dados fornecidos pela CONAB (2013).

2.2 Adubação nitrogenada

O manejo da adubação nitrogenada tem sido uma das práticas agrícolas mais estudadas (CANTARELLA et al., 2008), tendo quem vista que, o nitrogênio é um dos nutrientes mais demandado pela maioria das culturas. Isto se deve ao fato de que, boa parte do nitrogênio no solo encontra-se em combinações orgânicas, implicando no uso de adubação nitrogenada para complementar a quantidade fornecida pelo solo, visando à obtenção do aumento de produtividade (OKUMURA; MARIANO, 2012).

O nitrogênio pode ser disponibilizado para as plantas pela mineralização da matéria orgânica no solo, fixação biológica, fixação atmosférica e pela adição de fertilizantes nitrogenados. Para o cultivo das soqueiras de cana-de-açúcar com meta de produtividade de 100 t ha⁻¹ para o Estado de São Paulo, Spironello et al. (1997) recomendam a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N.

Com base nesta recomendação Prado e Pancelli (2008) estudaram os efeitos das doses de 0; 50; 100; 150 e 200 kg ha⁻¹ de N no cultivo da segunda soqueira, e concluíram que a aplicação da dose de 200 kg ha⁻¹ de N foi responsável pelo incremento produção de colmos e que esteve diretamente associada com o teor foliar médio de 18 g kg⁻¹ de N, acima do indicado (13,4 g kg⁻¹) por Reis Junior et al. (2003) durante o cultivo de cana-de-açúcar no Estado do Rio de Janeiro e próximo ao limite inferior (20 e 22 g kg⁻¹) proposto por Malavolta et al. (1992).

Contudo, a literatura apresenta resultados muito divergentes sobre o efeito da adubação nitrogenada em soqueiras de cana-de-açúcar, atribuindo-se as perdas diferenciadas de N. A ausência de resposta a aplicação de nitrogênio tem sido atribuída especificamente à perda de nitrogênio por volatilização, sendo maximizadas quando a aplicação é feita sobre a palhada (PRADO; PANCELLI, 2008), associadas à imobilização microbiológica, devido à quantidade de resíduos orgânicos de alta relação C:N deixados sobre o solo após a colheita (VITTI et al., 2007) e a fixação biológica por bactérias diazotróficas (URQUIAGA et al., 2011).

Outra questão bastante difundida, é que após a mineralização da palhada presente no sistema de colheita de cana crua, há liberação de nitrogênio para a solução do solo, sendo possível suprir parte da exigência nutricional da cultura (VITTI et al., 2007). Existem informações de que a mineralização da palhada pode liberar cerca de 40 a 80 kg ha⁻¹ de N (GAVA et al., 2003).

2.3 Uso da escória de siderurgia na agricultura

A escória de siderúrgica é um subproduto da indústria de ferro, processado em altas temperaturas, com uma carga de minério de ferro como a hematita (Fe₂O₃),

a limonita ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ou a magnetita (Fe_3O_4); com carvão coque e um fundente, como o calcário (CaCO_3). Logo após ação térmica são obtidos o ferro-gusa e a escória (MADEIROS; VIEIRA; AQUINO, 2009).

O óxido de silício (SiO_2), é um dos constituintes da base da estrutura da maioria dos argilominerais, no entanto, devido ao intenso processo de intemperização, e a lixiviação mais acentuada e cultivos intensivos os solos agrícolas tropicais tendem a apresentar baixos níveis de silício trocável, fenômeno este, denominado de dessilicização (ARTIGIANE, 2008).

O silício se encontra no solo na forma de ácido monossilícico (H_4SiO_4), oriundo da liberação do elemento presente nos óxidos de ferro e alumínio, proveniente da decomposição vegetal e pela adição de fertilizantes silicatos, estando prontamente disponível para ser absorvido em pH na faixa de 4,0 a 6,5 (KORNDORFER; DATNOFF, 1995).

A absorção e deposição do silício nas paredes das células da epiderme das plantas proporcionam uma proteção mecânica contra a invasão de micro-organismos dificultando que insetos sugadores ataquem a planta para consumir a seiva elaborada (DEMATTÊ et al., 2011). Este aumento da resistência ao ataque de insetos está ligado basicamente ao aumento da síntese de toxinas (fitoalexinas), que agem como inibidoras e repelentes (FILGUEIRAS, 2007).

Outro benefício é o aumento da resistência da planta à incidência de doenças fúngicas, como ferrugem, carvão e mancha parda (FIDANZA et al., 2008). Ocorrendo basicamente pela associação do silício com os constituintes da parede celular, tornando-as menos acessíveis as enzimas de degradação.

Apesar do silício não ser considerado um elemento essencial ao desenvolvimento das plantas, seu uso na agricultura têm promovido crescimento e aumento de produtividade em muitas gramíneas como: arroz (VIDAL, 2008), cana-de-açúcar (PRADO; PANCELLI, 2008, FONSECA, 2011), milho e trigo (SANTOS, 2009) e capim-marandu (FONSECA et al., 2009). A fonte de silício mais utilizada na agricultura tem sido a escória de siderurgia, constituída basicamente de silicato de cálcio e magnésio (PRADO; FERNANDES; NATALE, 2001).

2.4 Interação nitrogênio e silício

A produção da cana-de-açúcar depende diretamente do manejo da adubação nitrogenada, tendo em vista que, o nitrogênio é um dos nutrientes mais limitantes à produtividade e longevidade das soqueiras (SCHULTZ et al., 2010). A cultura pertence ao grupo C4, e é altamente eficiente fotossinteticamente, provavelmente, pela compartimentação de enzimas e devido às características anatômicas das folhas (MOURA et al., 2005).

Em sistema de produção intensiva onde são empregadas altas doses de nitrogênio, comumente tem-se verificado crescimento pronunciado da parte aérea, aumento da suculência, auto-sombreamento e conseqüentemente diminuição da fotossíntese (MALAVOLTA, 2006). Nessas circunstâncias, a inclusão da adubação com silício, pode contribuir substancialmente para o fortalecimento estrutural e para o aumento da resistência ao acamamento das plantas.

A deposição de silício nas paredes das células da epiderme faz com que haja aumento da capacidade fotossintética, devido à melhoria da arquitetura da planta; a maior interceptação de luz solar e ainda confere aumento da resistência da planta ao estresse hídrico pela diminuição da transpiração (KORNDORFER; PEREIRA; CAMARGO, 2003).

Apesar do silício não ser um elemento essencial para o desenvolvimento das plantas, os resultados de pesquisas tem evidenciado o crescimento e o aumento na produtividade de muitas gramíneas como; arroz, cana-de-açúcar, sorgo, milheto, aveia, trigo, milho, grama kikuyu, grama bermuda, entre outras espécies tais como; alfafa, feijão, tomate, alface e repolho (SILVA, 2011).

A ausência de resposta a aplicação da escória de siderurgia tem sido atribuída à reação mais lenta da escória em relação ao calcário (BRASSIOLI et al., 2009; GOMES et al., 2011), ao baixo teor de silício disponível na escória de siderurgia, especialmente quando aplicação é feita de forma superficial (FAGUNDES, 2005), e a formação de polímero de Si com amônia (NH_4^+), proveniente do processo de hidrólise da ureia, que por sua vez, pode ocasionar a queda do teor de silício disponível no solo (OLIVEIRA et al., 2007).

III. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área experimental

O experimento foi executado na terceira soqueira de cana-de-açúcar no período de julho de 2011 a Julho de 2012 na fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção da FCAV/UNESP, no campus da cidade de Jaboticabal-SP. Localizada nas coordenadas geográficas de 21°15'22" S e 48°15'18" W. Conforme Köppen o clima foi classificado como megatérmico seco no inverno (Aw). O solo foi classificado por Andrioli e Centurion (1999) como Latossolo Vermelho distrófico típico, textura média, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos descrito pela Embrapa (2013).

3.2 Cultura implantada e características da área experimental

A variedade cultivada foi a RB855156, classificada como precoce, com corte entre os meses de abril e maio, atingindo uma produtividade média de 85 t ha⁻¹, sendo indicada para cultivo em solos de média de fertilidade, possui boa capacidade de brotação das soqueiras, atinge porte médio e se adapta a colheita mecanizada (PMGCA, 2008).

Todas as informações referentes à implantação da cultura e tratos culturais realizados durante a condução do experimento estão descritos na pesquisa de Fonseca (2011) durante o cultivo da cana planta e primeira soqueira, e por Borges (2012) na durante o cultivo da segunda soqueira.

Após a colheita da segunda soqueira foram coletadas amostras de solo na camada superficial (0-20 cm). Obtendo-se os seguintes resultados, para os tratamentos com silicato e calcário, respectivamente: pH (CaCl₂): 4,3 e 4,3; M.O.: 14

e 14 g dm^{-3} ; P-resina: $11 \text{ e } 11 \text{ mg dm}^{-3}$; K: $0,6 \text{ e } 0,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Ca: $9 \text{ e } 9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Mg: $4 \text{ e } 3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; H+Al: $36 \text{ e } 37 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; SB: $13,4 \text{ e } 12,7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; CTC: $49,8 \text{ e } 49,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; V: $27 \text{ e } 26\%$ (RAIJ et al., 2001); NH_4^+ : $15,2 \text{ e } 15,9 \text{ mg kg}^{-1}$; NO_3^- : $13,7 \text{ e } 13,9 \text{ mg kg}^{-1}$ (CANTARELLA; TRIVELIN, 2001); Si: $1,9 \text{ e } 1,7 \text{ mg dm}^{-3}$ (KORNDÖRFER et al., 2004).

3.3. Dados pluviiais

A precipitação pluvial total durante o desenvolvimento da terceira soqueira de cana-de-açúcar foi de $1049,6 \text{ mm}$ (Estação Agroclimatológica FCAV/ Unesp, 2012), Figura 1.

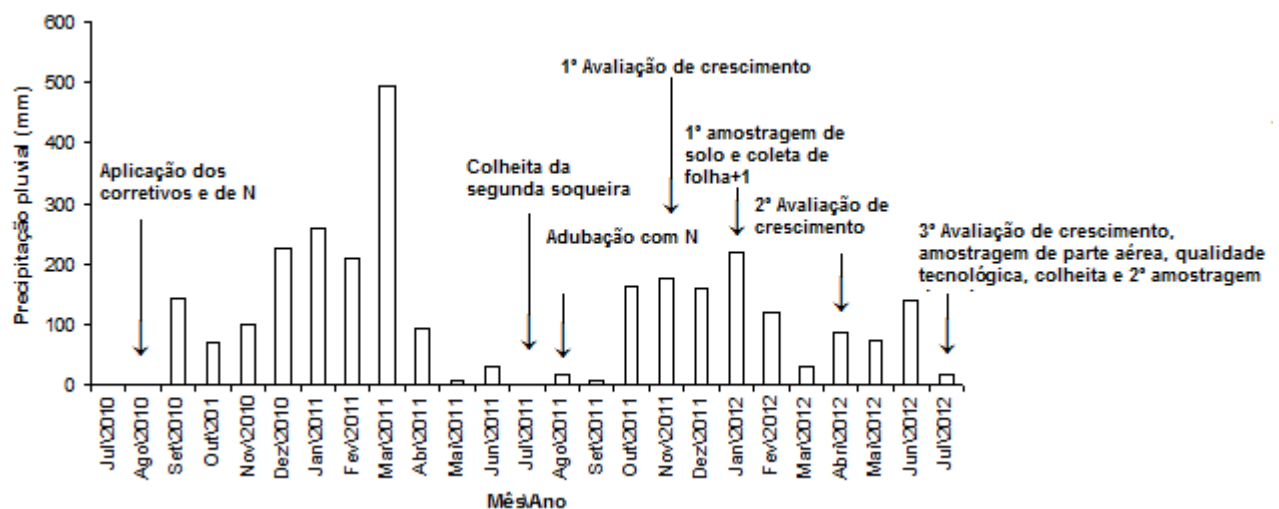


Figura 1. Precipitação pluvial mensal de julho de 2010 a julho de 2012, referente ao período de desenvolvimento da segunda e terceira soqueira de cana-de-açúcar.

3.4 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento aplicado foi em blocos casualizados, num esquema fatorial 5×2 , cinco doses de nitrogênio e dois materiais corretivos, a escória de siderurgia (presença de silício) e o calcário (ausência de silício), com quatro repetições.

Para o estabelecimento das doses dos corretivos empregou-se a quantidade necessária para elevar saturação por bases a 60%, recomendado para cana-de-açúcar no Estado de São Paulo (SPIRONELLO et al., 1997). Para a aplicação de nitrogênio à referência foi à dose 120 kg ha^{-1} , recomendada para soqueiras, com meta de produtividade maior que 100 t ha^{-1} no Estado de São Paulo (SPIRONELLO et al., 1997).

Na cana-planta foram aplicadas as doses de 0; 30; 60; 90; 120 kg ha^{-1} de N na forma de ureia (44% de N) e aplicou-se $2,19 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário e $2,61 \text{ t ha}^{-1}$ de escória. Na primeira soqueira as doses de N empregadas foram 0; 40; 80; 120 e 160 kg ha^{-1} na forma de ureia (44% de N), entretanto sem aplicação dos materiais corretivos.

Na segunda soqueira as doses de nitrogênio empregadas foram 0; 40; 80; 120 e 160 kg ha^{-1} na forma de ureia (44% de N), juntamente com $1,0 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário (PRNT = 85,08%; Poder de Neutralização = 99,87%; CaO = 36,40%; MgO = 14,00%), e $0,9 \text{ t ha}^{-1}$ de escória de siderurgia (PRNT = 88%; CaO=34,9%; MgO=9,9%; Si total 10,5%). A dose adotada corresponde à metade da dose recomendada devido à aplicação ser superficial e sem incorporação posterior (ROSSETTO et al., 2004).

Na terceira soqueira, que corresponde a presente pesquisa, as doses de nitrogênio empregadas foram 0; 40; 80; 120 e 160 kg ha^{-1} 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 $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$.

3.5 Unidade experimental

As unidades experimentais foram compostas por quatro linhas de 6 m de comprimento, espaçadas 1,5 m entre si, perfazendo um total de 36 m^2 . Na ocasião das avaliações considerou-se a área útil da parcela de 18 m^2 , representada pelas

3.7 Avaliação de solo

A amostragem de solo foi realizada a cada seis meses, perfazendo-se duas coletas no decorrer do cultivo da terceira soqueira, a primeira coleta ocorreu em Janeiro de 2012 (18 após a aplicação dos corretivos) e a segunda em Julho de 2012 (24 meses após a aplicação dos corretivos). As mesmas foram coletadas nas entrelinhas da cultura, conforme recomendação de Prado et al. (2001) foram tomados 10 pontos por área útil, nas camadas de 0-10; 10-20; 20-40 e 40-60 cm de profundidade.

Para fins de fertilidade do solo as amostras foram acondicionadas em caixas de papelão para posterior análise, conforme metodologia descrita por Raij et al. (2001), para a concentração de silício seguiu-se a metodologia descrita por Korndorfer et al. (2004).

Durante a amostragem parte do solo coletado foi acondicionado em sacos plásticos para determinação de N mineral, estas amostras foram colocadas em caixa térmica com gelo e encaminhadas ao laboratório para a extração do NH_4^+ e NO_3^- , conforme método descrito por Cantarella e Trivelin (2001).

3.8 Avaliação do estado nutricional e acúmulo de nutrientes

A determinação do estado nutricional das plantas foi realizada a partir de análise de nutrientes contidos na folha+1 (primeira folha com a região da inserção da bainha visível) aos quatro meses após a brotação. Foram coletadas 10 folhas por parcelas, considerando-se apenas 20 cm mediano das folhas, excluindo-se a nervura central (RAIJ; CANTARELLA, 1997).

As folhas foram lavadas em solução com detergente (0,1%) e enxagues com água destilada, acondicionadas em sacos de papel, e secas em estufa (65 °C) até atingir massa constante. Após a secagem, o material vegetal foi moído em moinho

tipo Willey, dotado de peneira de 40 mesh, e guardados em sacos de papel identificado, até a realização das digestões químicas.

Na ocasião da colheita foi realizada a amostragem da parte aérea das plantas (folha+palmito+colmo) em 1,5 m na área útil da parcela, mediu-se a massa, a fim de se determinar a massa úmida. Em seguida as amostradas foram secas em estufa, e ao atingirem massa constante foi determinada a massa seca. Deste material foi moída uma porção de 400 g de palmito, folhas e colmos para avaliar o acúmulo de nutrientes, conforme metodologia descrita por Bataglia et al. (1983), e para determinação do silício seguiu-se o método descrito por Kraska e Breitenbeck (2010).

3.9. Avaliação da produção de colmos e análise tecnológica

A produção de colmos foi obtida na colheita da cana-de-açúcar, por meio da pesagem de todas as plantas em 1,5 m na área útil da parcela com o auxílio de uma carregadora e célula de carga, e os valores foram expressos em $t\ ha^{-1}$. Na colheita também foram amostrados 10 colmos na área útil de cada parcela, para avaliação da qualidade tecnológica da cana-de-açúcar. Na análise tecnológica determinou-se os sólidos solúveis, Pol, teor de fibra, pureza, calculado AR do caldo, AR da cana, ART e ATR, conforme os métodos descritos em Conseca (2006).

3.9.1 Análises estatísticas

Aos resultados obtidos foi aplicada análise de variância e para os dados com teste F significativo foi aplicado o estudo de regressão polinomial (PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 2002). Para as variáveis de solo amostradas aos seis e doze meses após a brotação da cana-de-açúcar foi aplicado à análise estatística em parcelas sub-subdivididas, o tratamento primário e o secundário compostos do

fatorial 5x2, e o tratamento ternário, as quatro camadas de solos, correspondente as profundidades de 0-10; 10-20; 20-40 e 40-60 cm.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Efeitos dos tratamentos no solo

As propriedades químicas do solo não foram afetadas pela aplicação do calcário e da escória de siderurgia (Tabelas 1 e 4). Exceto na amostragem aos 12 meses após a brotação e 24 meses após a aplicação dos corretivos, em que os teores médios de H+Al foram superiores ao ser aplicado escória e a saturação por bases foi maior quando empregado o calcário (Tabela 5). Resultados discordantes foram obtidos por Vidal e Prado (2011) que mediante a aplicação de calcário e escória, observaram aumento na concentração de cálcio, magnésio e da saturação por bases.

Aplicação de N e o uso do calcário e da escória de siderurgia, proporcionaram ajuste quadrático para os valores de médios de pH em CaCl_2 após 6 após a brotação e 18 meses da aplicação dos corretivos. Observando-se ajuste quadrático para os teores médios de cálcio, magnésio, H+Al e saturação por bases mediante adubação nitrogenada quando aplicado a escória de siderurgia, e ajuste linear para estas mesmas variáveis ao ser empregado calcário. Para os teores médios de nitrato houve ajuste quadrático quando foi aplicado o calcário (Figura 3a, b, c, d, e, f).

Na amostragem aos 12 meses após a brotação e 24 meses após a aplicação dos corretivos, pode-se verificar que a aplicação de N e de ambos os corretivos, proporcionaram efeito quadrático para os teores médios de nitrato no solo (Figura 4).

A aplicação de calcário e escória de siderurgia não proporcionou efeito sobre os valores médios de pH em CaCl_2 , MO, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, H+Al nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm, entretanto no desdobramento das profundidades dentro de corretivos, estas mesmas variáveis diferiram estatisticamente entre si na amostragem aos 6 meses a brotação da cana-de-açúcar e 18 meses após a aplicação dos corretivos no solo (Tabela 2).

Na amostragem aos 12 meses após a brotação da cana-de-açúcar e 24 meses após a aplicação dos corretivos, observou-se que os valores médios de pH em CaCl_2 , MO, cálcio, magnésio, saturação por bases e nitrato diferiram entre si no desdobramento da interação corretivos e profundidades e de profundidades dentro dos corretivos (Tabela 6).

A baixa mobilidade dos corretivos quando aplicado de forma superficial no sistema de plantio direto já foi mencionada na literatura. De acordo com os resultados obtidos em outras pesquisas, os efeitos benéficos da calagem em sub-superfície só foram alcançados ao serem aplicadas altas doses do corretivo no solo (PRADO; FERNADES, 2001).

A adubação nitrogenada afetou os atributos químicos do solo amostrados aos 6 meses após a brotação da cana-de-açúcar, observando-se efeito quadrático para os valores médios de pH em CaCl_2 , H^+Al e saturação por bases e para matéria orgânica na profundidade de 20-40 cm, e para potássio de 0-10 cm, fósforo de 10-20 cm, cálcio e magnésio 20-40 e 40-60 cm e ajuste linear para silício na profundidade de 20-40 cm (Tabela 3).

Observou-se que aos 12 meses a brotação da cana-de-açúcar, a aplicação de N proporcionou efeito com ajuste quadrático para os valores médio de pH em CaCl_2 nas profundidades de 0-10 e 20-40 cm, para matéria orgânica de 10-20 cm, para fósforo de 10-20 cm, para potássio de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, para magnésio de 0-10 cm, para H^+Al de 0-10, 20-40 e 40-60 cm, para saturação por bases de 0-10 e 20-40 cm e ajuste linear para cálcio na profundidade de 40-60 cm e para nitrato de 0-10 e 10-20 cm (Tabela 7).

O arraste das bases para as camadas mais profundas do solo é dependente da formação para pares iônicos entre cátions e compostos inorgânicos, pela presença de ânions como nitrato (NO_3^-), sulfato (SO_4^{2-}) e cloreto (Cl^-), advindos da mineralização de adubos como a ureia, ou pela decomposição de resíduos vegetais na camada superficial (MORAES, 2005).

Em relação aos teores de nitrogênio inorgânico no solo, é possível inferir que de maneira geral os teores de NO_3^- foram superiores aos teores de NH_4^+ aos 6 e 12 meses após brotação da cana-de-açúcar, sendo considerado um ponto favorável,

uma vez que, o nitrato é a forma mais absorvida pela maioria das espécies de vegetais (DUARTE; SILVA, 2009).

A aplicação dos materiais corretivos e doses de N não proporcionou efeito sobre os teores de NH_4^+ nas profundidades amostradas aos 6 e 12 meses após a brotação da cana-de-açúcar, entretanto a adubação nitrogenada proporcionou efeito significativo sobre os teores médios de NO_3^- no solo aos 12 meses após a brotação, semelhantemente aos resultados observados por Primavesi et al. (2005).

As doses de N não interferiram nos teores médios de silício no solo na amostragem realizada aos 6 e 12 meses após a brotação, independentemente do material corretivo aplicado. Isto pode ser atribuído a formação da amônia durante o processo de hidrólise da ureia, que por sua vez, pode ter ocasionado a queda do teor de silício disponível no solo, devido à formação de polímeros de Si com NH_4^+ , não detectáveis pelo método de extração de silício (CaCl_2 0,1 mol L^{-1}) utilizado no presente trabalho (OLIVEIRA et al., 2007).

A granulometria mais grosseira da escória de siderurgia aplicada pode ter diminuído sua reatividade no solo (reação mais lenta) (BRASSIOLI et al., 2009; GOMES et al., 2011) e aliada ao fato de que a aplicação foi realizada de forma superficial, pode ter dificultado o contato das partículas do material com o solo, e conseqüentemente, interferindo na liberação de silício para a solução do solo (FAGUNDES, 2005).

Notou-se também que os teores médios de silício na presente pesquisa estão dentro do nível crítico para solos cultivados com cana-de-açúcar (6 a 8 mg kg^{-1}) utilizando CaCl_2 0,01 mol L^{-1} como extrator (MARAFON; ENDES, 2011). Ao utilizarem o mesmo extrator Berthelsen et al. (2002) classificaram os teores de médios de silício no solo como, muito baixo (0-5 mg kg^{-1}); baixo (5-10 mg kg^{-1}), limitante (10-20 mg kg^{-1}), adequado (20 a >50 mg kg^{-1}). Já Korndorfer et al. (1999) ao utilizarem o ácido acético 0,5 mol L^{-1} como extrator em solo cultivado com arroz sequeiro, estabeleceram que o nível crítico para os teores de silício no solo seria de 9,8 mg dm^{-3} .

Tabela 1. Atributos químicos do solo em função das doses de N e da aplicação de calcário ou silicato, em quatro profundidades, aos 6 meses após a brotação da cana-de-açúcar e dezoito meses após a aplicação dos corretivos.

Tratamentos	pH CaCl ₂	MO g dm ⁻³	P _{resina} mg dm ⁻³	K -----mmol _c dm ⁻³ -----	Ca	Mg	H+Al	V %	NH ₄ ⁺ -----mg kg ⁻¹ -----	NO ₃ ⁻	Si mg dm ⁻³
Tratamento Primário											
Corretivos (C)											
Calcário	4,3	13,5	10,1	1,2	9,6	3,4	43,7	24	0,2	0,3	0,6
Escória	4,3	13,8	9,7	1,2	8,8	3,5	42,9	23	0,1	0,3	0,6
Teste F	0,19 ^{NS}	4,08 ^{NS}	0,59 ^{NS}	0,00 ^{NS}	3,22 ^{NS}	1,46 ^{NS}	4,83 ^{NS}	2,32 ^{NS}	130,8 ^{NS}	0,7 ^{NS}	0,04 ^{NS}
Tratamento Secundário											
Doses de Nitrogênio (N)											
0 (kg ha ⁻¹)	4,3	14,2	10,3	1,2	9,1	3,6	45,6	30	0,1	0,3	0,6
40 (kg ha ⁻¹)	4,2	13,3	9,7	1,2	8,8	3,3	45,0	24	0,1	0,3	0,6
80 (kg ha ⁻¹)	4,2	13,7	10,5	1,1	8,6	3,8	43,7	23	0,1	0,3	0,6
120 (kg ha ⁻¹)	4,3	13,3	10,2	1,0	8,2	2,9	43,2	22	0,2	0,3	0,6
160 (kg ha ⁻¹)	4,4	13,6	8,9	1,3	11,3	4,3	38,6	20	0,2	0,3	0,6
Teste F	16,58**	2,17 ^{NS}	1,12 ^{NS}	0,37 ^{NS}	10,2**	11,25**	18,16**	17,81**	4,97**	6,4**	0,6 ^{NS}
Teste F (C x N)	26,73**	1,08 ^{NS}	0,23 ^{NS}	0,16 ^{NS}	10,3**	4,86**	10,90**	12,27**	13,30**	1,0 ^{NS}	0,5 ^{NS}
Tratamento Ternário											
Profundidade (P)											
0-10 cm	4,2 b	13,3 b	11,2 a	1,2 ab	8,9 ab	3,4 b	46,8 a	26 a	0,1	0,2	0,5
10-20 cm	4,3 a	13,3 b	10,3 ab	0,8 c	9,7 a	3,5 ab	43,7 b	25 ab	0,1	0,3	0,6
20-40 cm	4,3 a	12,9 b	9,1 b	1,1 bc	9,9 a	3,9 a	41,5 b	23 ab	0,2	0,3	0,7
40-60 cm	4,3 a	15,0 a	9,1 b	1,4 a	8,3 b	3,3 b	41,5 b	22 b	0,1	0,3	0,6
Teste F	4,55**	15,09**	9,17**	8,78**	5,00**	4,50**	11,52**	4,41**	0,68 ^{NS}	1,9 ^{NS}	21,8**
Teste F											
C x P	1,93 ^{NS}	0,22 ^{NS}	2,42 ^{NS}	1,42 ^{NS}	1,51 ^{NS}	1,13 ^{NS}	1,29 ^{NS}	0,63 ^{NS}	1,40 ^{NS}	0,1 ^{NS}	0,7 ^{NS}
N x P	9,74**	1,47 ^{NS}	3,25**	2,09*	12,07**	8,63**	9,75**	13,98**	1,20 ^{NS}	1,0 ^{NS}	2,1*
C x N x P	9,44**	1,10 ^{NS}	2,07*	2,78**	5,89**	5,75**	3,0**	6,17**	1,18 ^{NS}	0,8 ^{NS}	2,6**
CV% (C)	3,8	6,9	31,1	87,3	28,3	22,4	5,8	13,8	23,9	24,2	52,5
CV% (S)	3,5	9,9	35,3	70,8	23,1	25,7	8,0	19,3	30,1	41,1	18,9
CV% (T)	3,2	11,2	22,0	45,0	23,3	22,7	10,6	19,2	32,7	36,9	19,5

** e NS – Significativo a 1% de probabilidade e não-significativo, respectivamente, em relação ao teste de F.

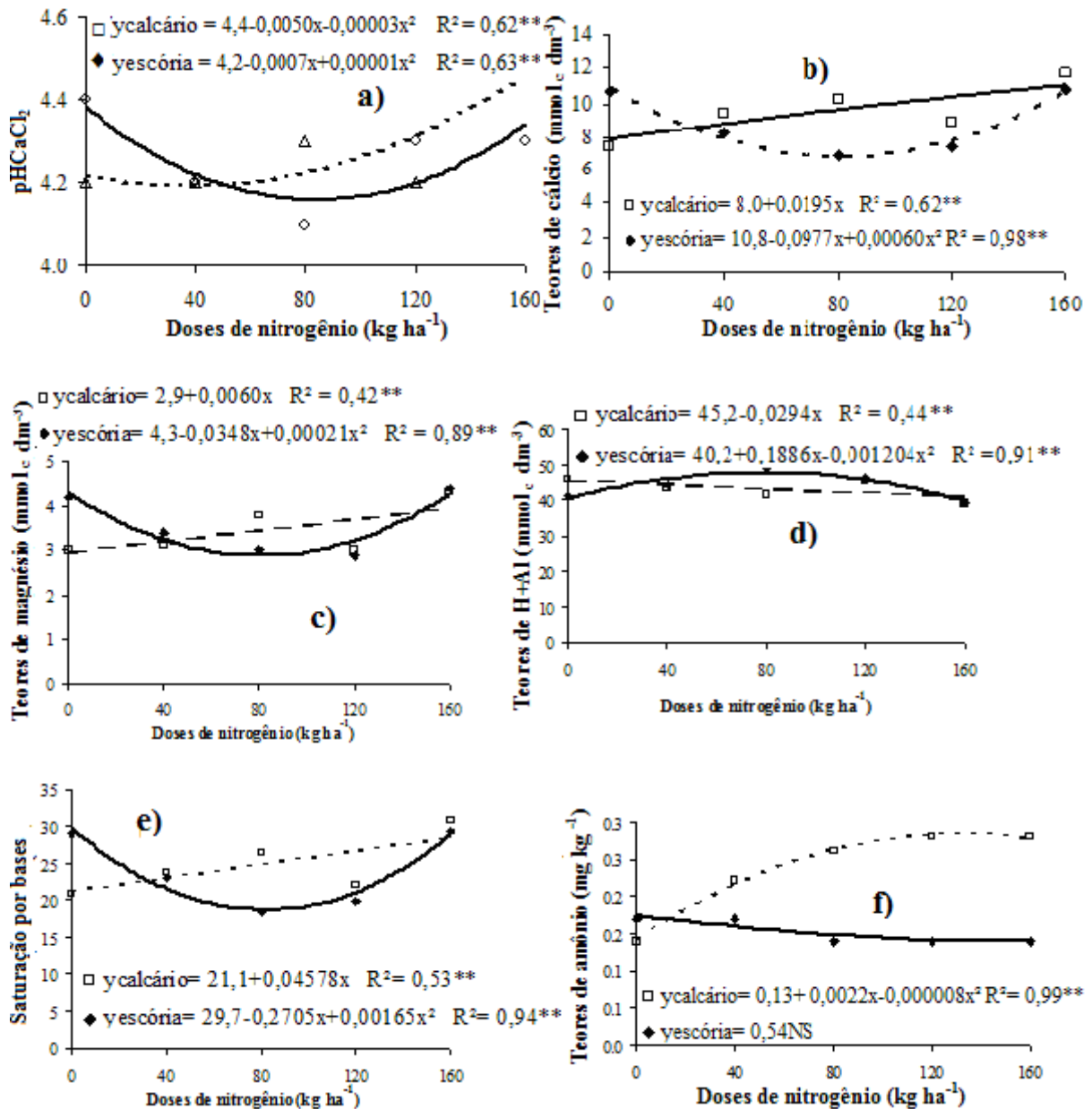


Figura 3. Efeito das doses de nitrogênio dentro de corretivos sobre os valores de pH em CaCl₂, cálcio, magnésio, H+Al, saturação por bases e amônio 18 meses após a aplicação dos corretivos.

Tabela 2. Comparação entre as médias de tratamento com corretivos dentro de profundidades e médias de profundidades dentro de tratamento de corretivos na amostragem aos 6 meses após a brotação e 18 meses após a aplicação dos corretivos.

	Profundidade (cm)			
	0 – 10	10 – 20	20 – 40	40 – 60
	pH _{CaCl₂}			
Calcário	4,2 aB	4,4 aA	4,4 aA	4,2 aB
Escória	4,3 aA	4,3 aA	4,3 aA	4,3 aA
	MO (g kg ⁻¹)			
Calcário	13,1 aB	13,3 aB	12,7 aB	14,7 aA
Escória	13,4 aB	13,3 aB	13,1 aB	15,3 aA
	Fósforo (mg dm ⁻³)			
Calcário	11,5 aA	11,2 aA	9,1 aB	8,7 aB
Escória	11,0 aA	9,4 bAB	9,1 aB	9,5 aAB
	Potássio (mmol _c dm ⁻³)			
Calcário	1,3 aAB	0,9 aB	1,0 aB	1,5 aA
Escória	1,3 aA	0,8 aB	1,2 aA	1,4 aA
	Cálcio (mmol _c dm ⁻³)			
Calcário	9,1 aAB	10,7 aA	10,2 aA	8,3 aB
Escória	8,7 aA	8,8 aA	9,7 aA	8,3 aA
	Magnésio (mmol _c dm ⁻³)			
Calcário	3,3 aAB	3,5 aAB	3,7 aA	3,3 aB
Escória	3,6 aA	3,5 aA	4,1 aA	3,2 aA
	H+Al (mmol _c dm ⁻³)			
Calcário	44,1 aAB	41,4 aB	40,7 aB	45,4 aA
Escória	43,0 aB	41,7 aB	42,5 aB	48,1 aA
	Saturação por bases (%)			
Calcário	23,8 aA	26,3 aA	26,2 aA	22,6 aA
Escória	23,8 aA	23,8 aA	25,9 aA	22,3 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula linha, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Efeito de doses de nitrogênio dentro de profundidade sobre os atributos químicos do solo avaliados aos 6 meses após a brotação da cana-de-açúcar

Variável (y)	Profundidades	Equação	R ²
pHCaCl ₂	0-10 cm	$y = 4,18 + 0,0032x - 0,00002x^2$	0,75*
	10-20 cm	$y = 4,3 - 0,0018x + 0,00001x^2$	0,30*
	20-40 cm	$y = 4,44 - 0,00057x + 0,00003x^2$	0,62**
	40-60 cm	$y = 4,30 - 0,0070x + 0,00005x^2$	0,83**
MO	0-10 cm	$y = 0,41^{NS}$	-
	10-20 cm	$y = 0,69^{NS}$	-
	20-40 cm	$y = 14,0 - 0,408x + 0,00022x^2$	0,66*
	40-60 cm	$y = 0,49^{NS}$	-
Potássio	0-10 cm	$y = 1,5 - 0,0132x + 0,00009x^2$	0,73*
	10-20 cm	$y = 0,05^{NS}$	-
	20-40 cm	$y = 0,64^{NS}$	-
	40-60 cm	$y = 0,80^{NS}$	-
Fósforo	0-10 cm	$y = 0,26^{NS}$	-
	10-20 cm	$y = 9,5 - 0,0715x + 0,00052x^2$	0,80*
	20-40 cm	$y = 0,91^{NS}$	-
	40-60 cm	$y = 0,05^{NS}$	-
Cálcio	0-10 cm	$y = 1,53^{NS}$	-
	10-20 cm	$y = 0,01^{NS}$	-
	20-40 cm	$y = 10,1 - 0,0483x + 0,00038x^2$	0,43**
	40-60 cm	$y = 10,1 + 0,1368x + 0,00094x^2$	0,54*
Magnésio	0-10 cm	$y = 0,05^{NS}$	-
	10-20 cm	$y = 0,84^{NS}$	-
	20-40 cm	$y = 4,2 - 0,0243x + 0,00017x^2$	0,59**
	40-60 cm	$y = 3,7 - 0,0449x + 0,00033x^2$	0,52**
H+Al	0-10 cm	$y = 48,2 - 0,15786x + 0,00082x^2$	0,46**
	10-20 cm	$y = 41,1 + 0,0484x - 0,00036x^2$	0,29**
	20-40 cm	$y = 38,9 + 0,1233x - 0,00076x^2$	0,86**
	40-60 cm	$y = 41,6 + 0,3527x - 0,00239x^2$	0,75**
Saturação por bases	0-10 cm	$y = 21,6 + 0,0278x$	0,28*
	10-20 cm	$y = 0,50^{NS}$	-
	20-40 cm	$y = 28,0 + 0,1650x + 0,00117x^2$	0,65**
	40-60 cm	$y = 28,2 - 0,3942x + 0,00268x^2$	0,63**
Silício	0-10 cm	$y = 0,03^{NS}$	-
	10-20 cm	$y = 0,01^{NS}$	-
	20-40 cm	$y = 0,71 - 0,00073x$	0,31*
	40-60 cm	$y = 0,16^{NS}$	-

** , * e NS – Significativo a 1 e 5% de probabilidade e não-significativo, respectivamente, em relação ao teste de F.

Tabela 4. Atributos químicos do solo em função das doses de N e da aplicação de calcário ou silicato, em quatro profundidades, aos 12 meses após a brotação da cana-de-açúcar e vinte e quatro meses após a aplicação dos corretivos.

Tratamentos	pH CaCl ₂	MO g dm ⁻³	P _{resina} mg dm ⁻³	K -----mmol _c dm ⁻³ -----	Ca	Mg	H+Al	V %	NH ₄ ⁺ -----mg kg ⁻¹ -----	NO ₃ ⁻	Si mg dm ⁻³
Tratamento Primário											
Corretivos (C)											
Calcário	4,3	14,7	10,2	1,1	11,1	4,3	43,6	27	0,3	0,3	0,6
Escória	4,4	14,5	9,7	1,1	12,0	4,3	42,4	29	0,3	0,4	0,7
Teste F	9,55 ^{NS}	0,83 ^{NS}	4,63 ^{NS}	0,05 ^{NS}	8,69 ^{NS}	0,08 ^{NS}	39,28**	11,25*	3,69 ^{NS}	5,05 ^{NS}	3,94 ^{NS}
Tratamento Secundário											
Doses de Nitrogênio (N)											
0 (kg ha ⁻¹)	4,3	14,9	10,7	1,6	10,7	4,0	44,6	27	0,3	0,4	0,6
40 (kg ha ⁻¹)	4,4	14,9	9,9	1,1	12,1	4,5	44,1	28	0,3	0,3	0,7
80 (kg ha ⁻¹)	4,3	14,8	9,9	1,1	10,8	3,9	43,1	26	0,3	0,3	0,6
120 (kg ha ⁻¹)	4,4	14,3	9,8	1,0	11,6	4,5	41,7	28	0,3	0,4	0,7
160 (kg ha ⁻¹)	4,4	14,2	9,5	0,8	12,5	4,6	41,5	31	0,3	0,4	0,6
Teste F	1,33 ^{NS}	2,69 ^{NS}	1,44 ^{NS}	12,14**	1,72 ^{NS}	1,14 ^{NS}	1,19 ^{NS}	1,56 ^{NS}	1,07 ^{NS}	12,41**	1,78 ^{NS}
Teste F (C x N)	1,37 ^{NS}	2,72 ^{NS}	0,64 ^{NS}	0,47 ^{NS}	0,61 ^{NS}	0,96 ^{NS}	1,81 ^{NS}	0,99 ^{NS}	1,43 ^{NS}	22,82**	1,05 ^{NS}
Tratamento Ternário											
Profundidade (P)											
0-10 cm	4,3 b	15,7 a	12,4 a	1,3 a	13,1 a	4,2 ab	47,3 a	27 b	0,3	0,4 ab	0,6 ab
10-20 cm	4,3 b	14,6 b	10,2 b	1,2 a	9,9 b	3,8 b	44,9 ab	24 b	0,3	0,4 a	0,7 ab
20-40 cm	4,4 a	14,3 bc	10,1 b	1,0 ab	11,3 ab	4,6 a	43,0 b	32 a	0,3	0,3 b	0,7 a
40-60 cm	4,5 ab	13,8 c	7,2 c	0,9 b	11,8 ab	4,5 a	36,8 c	28 ab	0,3	0,4 a	0,6 b
Teste F	7,78 **	18,84**	25,28**	6,05**	6,02**	3,82*	26,84**	7,25**	1,26 ^{NS}	5,00**	2,84*
Teste F											
C x P	4,93**	4,07**	0,40 ^{NS}	1,03 ^{NS}	6,00**	5,58**	1,09 ^{NS}	4,18**	0,72 ^{NS}	2,66 ^{NS}	0,96 ^{NS}
N x P	7,16**	5,63**	2,26*	2,22*	7,58**	7,10**	9,19**	9,11**	0,77 ^{NS}	3,01**	1,38 ^{NS}
C x N x P	4,88**	5,27**	1,37 ^{NS}	2,55**	2,94**	3,65**	3,69**	4,71**	1,84 ^{NS}	5,11**	1,63 ^{NS}
CV% (C)	2,5	9,4	13,2	54,7	18,0	31,4	2,9	12,7	12,4	32,4	22,8
CV% (S)	5,0	8,0	20,9	39,7	29,4	39,0	16,9	27,8	27,7	19,0	16,2
CV% (T)	4,5	7,8	26,8	45,9	29,3	28,6	12,7	24,7	27,0	27,0	17,3

** e NS – Significativo a 1% de probabilidade e não-significativo, respectivamente, em relação ao teste de F.

Tabela 5. Efeito dos corretivos sobre os valores médios de H+Al e saturação por bases aos 12 meses após a brotação da cana-de-açúcar e vinte e quatro meses após a aplicação dos corretivos.

Corretivos	Médias	
	H+Al	Saturação por bases
Calcário	42,40 b	29,40 a
Escória	43,66 a	27,47 b

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

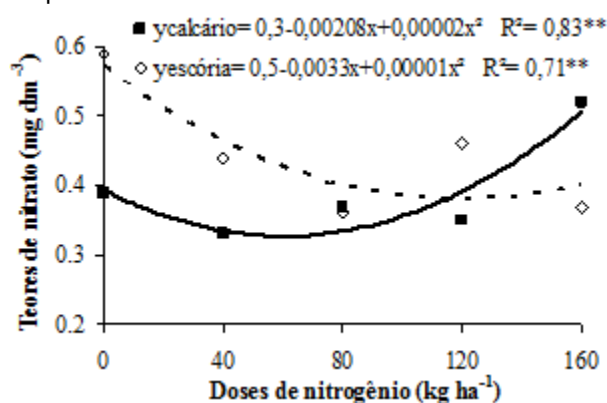


Figura 4. Efeito de doses de nitrogênio dentro dos corretivos para nos valores médios de nitrato aos 12 meses após a brotação da cana-de-açúcar e vinte e quatro meses após a aplicação dos corretivos.

Tabela 6. Comparação entre as médias de tratamento com corretivos dentro de profundidades e médias de profundidades dentro de tratamento de corretivos na amostragem aos 12 meses após a brotação da cana-de-açúcar e vinte e quatro meses após a aplicação dos corretivos.

	Profundidade (cm)			
	0 – 10	10 – 20	20 – 40	40 – 60
	pH _{CaCl2}			
Calcário	4,3 aB	4,3 aB	4,6 aA	4,5 aA
Escória	4,5 aA	4,3 aA	4,5 bA	4,3 bA
	MO (g kg ⁻¹)			
Calcário	13,9 bB	15,0 aA	13,6 aB	15,8 aA
Escória	14,8 aAB	14,4 aB	14,2 aB	15,7 aA
	Cálcio (mmol _c dm ⁻³)			
Calcário	12 bAB	10,1 aA	12,5 aA	13,8 aA
Escória	14,3 aA	9,9 aB	10,3 bB	10,0 bB
	Magnésio (mmol _c dm ⁻³)			
Calcário	3,7 bB	4,0 aB	4,9 aA	5,1 aA
Escória	4,9 aA	3,7 bA	4,5 aA	4,1 bA
	Saturação por bases (%)			
Calcário	29,8 aB	25,3 aB	34,0 aA	32,4 aA
Escória	26, aAB	25,5 aB	30,3 aA	25,4 bAB
	Nitrato (mg kg ⁻¹)			
Calcário	0,64 bAB	0,69 aAB	0,74 aA	0,64 bA
Escória	0,74 aA	0,74 aA	0,74 aA	0,70 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula linha, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Tabela 7. Efeito de doses de nitrogênio dentro de profundidade sobre os atributos químicos do solo avaliados aos 12 meses após a brotação da cana-de-açúcar.

Variável (y)	Profundidades	Equação	R ²
pHCaCl ₂	0-10 cm	$y = 4,3 + 0,0056x - 0,0004x^2$	0,99**
	10-20 cm	$y = 0,30^{NS}$	-
	20-40 cm	$y = 4,7 - 0,0058x + 0,00003x^2$	0,52**
	40-60 cm	$y = 3,19^{NS}$	-
MO	0-10 cm	$y = 0,03$	-
	10-20 cm	$y = 15,9 - 0,0420x + 0,00022x^2$	0,26*
	20-40 cm	$y = 0,43^{NS}$	-
	40-60 cm	$y = 0,67^{NS}$	-
Potássio	0-10 cm	$y = 1,5 - 0,0159x + 0,00007x^2$	0,94*
	10-20 cm	$y = 1,8 - 0,0203x + 0,00013x^2$	0,89*
	20-40 cm	$y = 2,0 - 0,0166x + 0,00007x^2$	0,76*
	40-60 cm	$y = 0,03^{NS}$	-
Fósforo	0-10 cm	$y = 1,32^{NS}$	-
	10-20 cm	$y = 11,6 - 0,0481x - 0,00031x^2$	0,98*
	20-40 cm	$y = 1,50^{NS}$	-
	40-60 cm	$y = 3,17^{NS}$	-
Cálcio	0-10 cm	$y = 2,76^{NS}$	-
	10-20 cm	$y = 0,65^{NS}$	-
	20-40 cm	$y = 0,48^{NS}$	-
	40-60 cm	$y = 7,6 + 0,0534x$	0,83**
Magnésio	0-10 cm	$y = 3,9 + 0,0285x - 0,00020x^2$	0,87*
	10-20 cm	$y = 1,22^{NS}$	-
	20-40 cm	$y = 1,22^{NS}$	-
	40-60 cm	$y = 0,58^{NS}$	-
H+Al	0-10 cm	$y = 51,1 - 0,2608x - 0,00178x^2$	0,84*
	10-20 cm	$y = 0,29^{NS}$	-
	20-40 cm	$y = 31,1 + 0,2230x - 0,00126x^2$	0,67*
	40-60 cm	$y = 45,3 + 0,1008x - 0,00107x^2$	0,77*
Saturação por bases	0-10 cm	$y = 26,2 + 0,1736x - 0,0127x^2$	0,96*
	10-20 cm	$y = 1,13^{NS}$	-
	20-40 cm	$y = 39,5 - 0,2261x + 0,00112x^2$	0,50*
	40-60 cm	$y = 3,69^{NS}$	-
Nitrato	0-10 cm	$y = 0,5 - 0,0031x + 0,00002x^2$	0,83*
	10-20 cm	$y = 0,6 - 0,0070x + 0,00004x^2$	0,90*
	20-40 cm	$y = 0,2^{NS}$	-
	40-60 cm	$y = 0,6^{NS}$	-

** , * e NS – Significativo a 1 e 5% de probabilidade e não-significativo, respectivamente, em relação ao teste de F.

4.2 Efeitos dos tratamentos na nutrição e acúmulo de nutrientes

Não foi observado efeito de corretivos e doses de N nos teores de macro e micronutrientes na folha diagnóstica (Tabela 8). Os teores médios de N, K e S nas folhas-diagnósticas encontram-se abaixo da faixa adequada proposta por Raij e Cantarella (1997) N (18-25 g kg⁻¹); K (10 a 16 g kg⁻¹) e S (1,5 e 3,0 g kg⁻¹), respectivamente.

Em solos tropicais os teores de potássio normalmente são baixos (inferiores a 1,5 mmol_c dm⁻³) devido a intensa lixiviação do potássio adicionado via adubação ou por aquele disponibilizado pela mineralização da palhada (OTTO; VITTI; LUZ, 2010). No presente trabalho é possível observar que os teores médios de potássio no solo estão muito abaixo do que normalmente tem sido relatado (1,1 e 1,2 mmol_c/dm⁻³) desta maneira, teores foliares abaixo dos níveis adequados para o desenvolvimento da cana-de-açúcar são aguardados, o que também pode se tornar um fator limitante para a produção da cultura.

O potássio tem papel reconhecido na síntese de açúcares (REIS; MONNERAT, 2002), na regulação de turgidez do tecido, ativação enzimática, abertura e fechamento de estômatos, transporte de carboidratos e transpiração (FLORES et al., 2012). Para uma produção de 100 t ha⁻¹ de colmos, são exportados em média 150 kg ha⁻¹ de K₂O (MALAVOLTA, 1982; OTTO; VITTI; LUZ, 2010) e em solos com altos teores de potássio esta exportação pode chegar até 285 kg ha⁻¹ de K₂O (FRANCO et al., 2008; OTTO; VITTI, LUZ, 2010).

Tabela 8. Estado nutricional da terceira soqueira de cana-de-açúcar (folha +1).

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----g kg ⁻¹ -----					-----mg kg ⁻¹ -----					
Corretivo (C)											
Calcário	17,1	1,8	7,7	3,7	2,5	1,1	25,1	6,4	76,7	67,9	223,1
Silicato	17,6	1,8	7,8	3,6	2,5	1,0	25,1	6,6	75,1	66,7	224,0
Teste F	1,9 ^{NS}	0,03 ^{NS}	0,1 ^{NS}	0,2 ^{NS}	0,09 ^{NS}	0,05 ^{NS}	0,09 ^{NS}	0,2 ^{NS}	0,1 ^{NS}	0,1 ^{NS}	0,01 ^{NS}
Dose de nitrogênio (N)											
0 (kg ha ⁻¹)	17,3	1,8	7,8	3,6	2,5	1,1	25,3	6,3	77,3	69,2	224,8
40 (kg ha ⁻¹)	17,6	1,8	7,4	3,5	2,5	1,1	25,1	6,2	78,5	66,3	223,8
80 (kg ha ⁻¹)	17,6	1,8	7,7	3,8	2,5	1,1	25,1	6,5	71,2	64,5	225,7
120 (kg ha ⁻¹)	16,7	1,7	7,7	3,5	2,5	1,0	25,2	7,0	79,0	68,5	233,5
160 (kg ha ⁻¹)	17,6	1,9	8,0	3,6	2,5	1,0	24,7	6,5	73,6	68,1	209,7
Teste F	0,89 ^{NS}	0,8 ^{NS}	0,3 ^{NS}	0,2 ^{NS}	2,4 ^{NS}	0,3 ^{NS}	0,1 ^{NS}	0,6 ^{NS}	0,5 ^{NS}	0,2 ^{NS}	1,2 ^{NS}
(C)x(N)	2,1 ^{NS}	0,3 ^{NS}	0,2 ^{NS}	0,4 ^{NS}	0,1 ^{NS}	0,1 ^{NS}	0,3 ^{NS}	1,5 ^{NS}	0,3 ^{NS}	1,7 ^{NS}	1,1 ^{NS}
CV%	9,6	9,2	14,6	14,6	6,5	18,2	6,5	15,1	17,7	16,3	9,6

** , * e NS – Significativo a 1 e 5% de probabilidade e não-significativo, respectivamente, em relação ao teste de F.

De forma geral, o enxofre está entre os micronutrientes mais deficientes nos solos, e a queda na produção das culturas tem sido observada quando os teores de enxofre na camada de 0-20 cm são inferiores a 10 mg dm^{-3} (MALAVOLTA; MORAES, 2005) desta forma, ainda que na presente pesquisa o teor de enxofre no solo não tenha sido determinado, é possível inferir que a deficiência de enxofre observada na folha+1 seja decorrente da deficiência do elemento no solo.

A aplicação dos corretivos e doses de N não afetou o acúmulo de N e Si nas folhas e colmos da cana-de-açúcar (Tabela 9). O acúmulo de N é muito variável entre variedades de cana-de-açúcar (MENDES, 2006). Semelhantemente a presente pesquisa, Vidal (2008) ressalta que a aplicação de calcário e de escória, incrementou os teores de N nas folhas da cultura do arroz.

Tabela 9. Acúmulo de nitrogênio e silício, nas folhas e nos colmos da terceira soqueira de cana-de-açúcar.

Tratamentos	Acúmulo folhas		Acúmulo colmos	
	N	Si	N	Si
	-----kg ha ⁻¹ -----			
Corretivo (C)				
Calcário	54,3	96,1	58,5	86,6
Silicato	55,7	97,0	54,4	88,1
Teste F	0,10 ^{NS}	0,44 ^{NS}	1,1 ^{NS}	1,2 ^{NS}
Dose de nitrogênio (N)				
(kg ha ⁻¹)				
0	61,1	96,4	53,6	88,0
40	56,6	96,1	49,9	88,3
80	56,6	96,5	64,7	87,4
120	48,6	97,5	58,8	86,4
160	52,2	96,0	55,2	86,6
Teste F	0,89 ^{NS}	0,14 ^{NS}	1,6 ^{NS}	0,34 ^{NS}
-----Teste F-----				
(C)x(N)	0,38 ^{NS}	0,52 ^{NS}	1,1 ^{NS}	0,69 ^{NS}
CV%	25,9	4,5	21,7	4,6

**,* e NS – Significativo a 1 e 5% de probabilidade e não-significativo, respectivamente, em relação ao teste de F.

Observou-se também que o acúmulo de N nos colmos atingiu valor médio de 55 kg ha^{-1} associada a uma produção média de 60 t ha^{-1} . Estes resultados estão

próximos aos observados por outros autores que obtiveram exportação de 0,84 e 0,87,5 kg de N/t pelos colmos para uma produção esperada de 100 t ha⁻¹ (PRADO et al., 2002).

Ao avaliarem duas variedades de cana-de-açúcar, RB835486 e SP81-3250 com produtividade esperada de 100 t ha⁻¹, Coleti et al. (2002) notaram que a exportação de nitrogênio pelos colmos em cana soca é da ordem de 83 kg ha⁻¹ de N.

A ausência de acúmulo de silício nas folhas e colmos da cana-de-açúcar pode ser atribuída aos baixos teores de silício (0,6 e 0,7 mg dm⁻³) disponível no solo (FAGUNDES, 2005) aliado ao fato de que, a presente pesquisa refere-se ao segundo corte após a aplicação superficial dos corretivos.

Apesar da viabilidade do uso da escória como fonte de silício para cana-de-açúcar, Ross et al., (1974) relatam que os efeitos desejados do silício sobre a produção de colmos só foram observados quando foram aplicadas doses elevadas (3 e 5 t ha⁻¹) deste modo, Fonseca (2011) ressalta que a aplicação da dose de 2,61 t ha⁻¹ de escória de siderurgia não incrementou a produção de colmos.

4.3 Efeitos da aplicação dos corretivos e doses de nitrogênio no desenvolvimento e na produção de colmos da cana-de-açúcar

Não houve efeito dos corretivos e doses de N sobre a altura, número e diâmetro dos perfilhos da cultura de cana-de-açúcar aos 4, 9 e 12 meses, respectivamente (Tabela 10). Entretanto, Prado, Fernandes, Natale (2003) mediante a aplicação de escória de siderurgia obtiveram incremento na altura da cana-de-açúcar.

Conforme Prado et al. (2004) o uso de calcário e de escória também não influenciaram o número de perfilhos. Diferentemente dos resultados obtidos por Fonseca (2011) que mediante a adubação nitrogenada associada a aplicação escória de siderurgia, observou aumento linear no número de perfilhos, e com uso do calcário, efeito quadrático para esta mesma variável, atingindo ponto máximo na dose de 73 kg ha⁻¹ de N.

Após a aplicação das doses de 0; 60; 120; 180; 240 kg ha⁻¹ de N Vale (2009) observou incremento com ajuste quadrático para a variável diâmetro de colmos avaliada aos quatro meses e ajuste linear aos nove meses após a brotação da cana-de-açúcar.

Tabela 10. Efeito dos corretivos e doses de nitrogênio sobre a altura de plantas, número e diâmetro dos colmos de cana-de-açúcar aos 4, 9 e 12 meses após a brotação da terceira soqueira de cana-de-açúcar.

Tratamentos	4 meses			9 meses			12 meses		
	Altura (cm)	Número de Perfilhos (1,5 m)	Diâmetro de colmos (mm)	Altura (cm)	Número de Perfilhos (1,5 m)	Diâmetro de colmos (mm)	Altura (cm)	Número de Perfilhos (1,5 m)	Diâmetro de colmos (mm)
Corretivo(C)									
Calcário	33	42,95	15,60	178	26,60	29,00	256	18,00	27,57
Silicato	33	40,15	16,09	182	24,20	29,01	261	17,55	27,31
Teste F	0,01 ^{NS}	0,54 ^{NS}	0,49 ^{NS}	3,51 ^{NS}	2,70 ^{NS}	0,01 ^{NS}	0,31 ^{NS}	0,32 ^{NS}	0,07 ^{NS}
Dose de Nitrogênio(N)									
0 (kg ha ⁻¹)	33	37,25	16,20	179	25,63	28,98	259	16,88	28,00
40 (kg ha ⁻¹)	33	43,88	14,90	178	24,88	28,94	257	17,63	27,63
80 (kg ha ⁻¹)	30	46,75	16,35	183	25,63	29,20	257	17,75	26,90
120 (kg ha ⁻¹)	35	43,88	16,37	181	24,38	28,61	259	18,75	26,52
160 (kg ha ⁻¹)	32	36,00	15,39	180	26,50	29,30	259	17,88	28,13
Teste F	1,27 ^{NS}	1,20 ^{NS}	0,69 ^{NS}	0,31 ^{NS}	0,25 ^{NS}	0,18 ^{NS}	0,01 ^{NS}	0,57 ^{NS}	0,42 ^{NS}
-----Teste F-----									
(C) x (N)	0,62 ^{NS}	1,69 ^{NS}	0,78 ^{NS}	0,52 ^{NS}	1,69 ^{NS}	0,22 ^{NS}	1,49 ^{NS}	2,70 ^{NS}	0,50 ^{NS}
CV%	13,7	29,0	14,2	5,1	18,2	6,2	12,0	14,7	11,1

^{NS} não significativo ($p \geq 0.05$) em relação ao Teste F.

A aplicação dos corretivos e doses de N promoveu incremento na produção de massa seca de folhas (Tabela 11), observando-se ajuste quadrático mediante a aplicação de escória (Figura 5).

O aumento de massa seca da parte área após a adubação nitrogenada geralmente é aguardado, pois o nutriente contribui significativamente para o crescimento vegetativo, atuando principalmente nas taxas de iniciação e expansão foliar, no processo fotossintético, tamanho final de folhas e no alongamento do caule (Schroder et al., 2000).

Tabela 11. Efeito dos corretivos e doses de nitrogênio sobre a produtividade de colmos e produção de matéria seca de colmos e folhas da terceira soqueira da cana-de-açúcar.

Tratamentos	Matéria seca		Produção de colmos
	Folha	Colmo	
	-----t ha ⁻¹ -----		
Corretivo (C)			
Calcário	24,5	15,2	61,9
Silicato	23,7	14,7	64,6
Teste F	1,8 ^{NS}	0,3 ^{NS}	0,7 ^{NS}
Dose de nitrogênio (N)			
0 (kg ha ⁻¹)	25,9	15,2	73,0
40 (kg ha ⁻¹)	26,1	13,8	59,3
80 (kg ha ⁻¹)	22,4	13,8	61,9
120 (kg ha ⁻¹)	23,0	16,0	61,4
160 (kg ha ⁻¹)	24,0	16,1	60,6
Teste F	7,6 ^{**}	1,1 ^{NS}	1,5 ^{NS}
	-----Teste F-----		
(C)x(N)	4,6 ^{**}	2,6 ^{NS}	1,5 ^{NS}
CV%	8,0	19,2	20,5

*, ** e NS – Significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente, em relação ao teste de F.

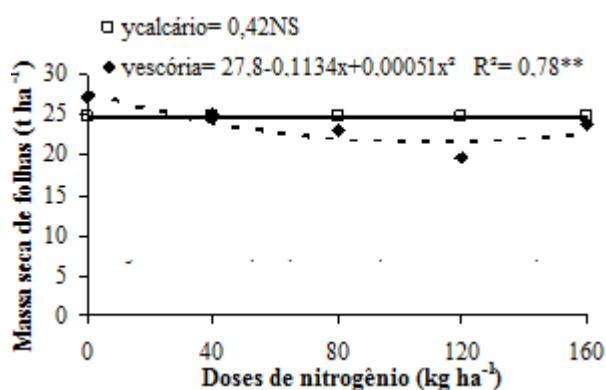


Figura 5. Efeito da aplicação de doses de nitrogênio e de materiais corretivos para a produção de massa seca de folha.

A produção de colmos da cana-de-açúcar é fortemente influenciada pelas condições meteorológicas prevaletentes durante o período de crescimento da planta (MEGDA, 2012). A precipitação pluvial total durante o desenvolvimento da terceira soqueira de cana-de-açúcar foi de 1049,6 mm, o que é considerado inadequado para o desenvolvimento da cana-de-açúcar, visto que, o consumo anual de água pela cultura varia entre 1.500 a 2.500 mm (DOOREBOS; KASSAM, 1994; OLIVEIRA et al., 2011). A distribuição irregular e a redução do volume de chuvas durante o crescimento vegetativo da cana-de-açúcar podem causar prejuízos, como a queda na produção e mortalidade das soqueiras (DANTAS NETO et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2011).

A ausência de resposta da planta a adubação nitrogenada pode estar ligada à perda do nitrogênio por volatilização (PRADO; PANCELLI, 2008; MEGDA, 2013). Tendo vista que, a aplicação de nitrogênio foi feita de forma superficial e em dose única, e que a ausência de precipitação pluvial no dia posterior a aplicação de nitrogênio, não permitiu a incorporação do fertilizante no solo (Figura 1), ficando exposto à ação da uréase do solo e da própria palhada (MARIANO et al., 2013).

Diante disto, parte do nitrogênio que foi absorvido pela planta pode ser proveniente da fixação biológica, no entanto, alguns autores indicam que a fixação biológica seria mais efetiva em cana-planta em relação às soqueiras (ROSSETTO; DIAS, 2005).

Uma segunda hipótese provavelmente mais sustentável que a anterior indica que parte do nitrogênio nativo do solo e aquele oriundo dos resíduos vegetais deixados após a colheita, podem estar disponíveis em formas lábeis na solução do solo e em quantidade suficiente para suprir a necessidade da cultura da cana-de-açúcar (MEGDA, 2013). Tendo em vista que, a mineralização dos restos da cultura pode liberar cerca de 40 a 80 kg ha⁻¹ de N (GAVA et al., 2003).

Todavia, também se deve levar em consideração que a presente pesquisa trata-se do cultivo da terceira soqueira da cana-de-açúcar e conforme resultados de pesquisas anteriores, pode haver queda na produtividade agrícola ao longo dos ciclos (ORLANDO FILHO et al., 1999), por vários fatores que surgem e\ou se agravam, como: baixo vigor das soqueiras, nível nutricional, compactação, e o aparecimento de pragas e doenças (VITTI; TRIVELIN, 2011).

4.4 Efeitos dos corretivos e doses de nitrogênio sobre a qualidade tecnológica

Não foi observado efeito dos corretivos e das doses de N sobre a qualidade tecnológica da terceira soqueira da cana-de-açúcar (Tabela 12). Após a avaliação da qualidade tecnológica obteve-se os seguintes resultados: AR = 1,18 a 1,25%; ART (açúcar redutores totais) = 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) em uma cana madura os teores adequados são: para Pol (>14); pureza (>85%); ATR (açúcar total recuperável) = 15%; AR (>0,8%) e fibra = 11,52 a 13,11%.

Tabela 12. Efeito dos tratamentos na qualidade tecnológica da terceira soqueira de cana-de-açúcar.

Tratamentos	¹ AR	² PC	³ ART	⁴ Brix	Pol	Fibra	Pureza	PBU	⁵ ATR
	-----%-----								t ha ⁻¹
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 ^{NS}	3,05 ^{NS}	3,87 ^{NS}	0,22 ^{NS}	3,72 ^{NS}	1,20 ^{NS}	1,03 ^{NS}	1,20 ^{NS}	1,19 ^{NS}
Doses de nitrogênio									
0 (kg ha ⁻¹)	1,24	16,20	21,44	21,18	19,19	12,20	90,61	141,58	148,20
40 (kg ha ⁻¹)	1,25	16,61	21,88	22,17	19,61	11,96	88,84	138,58	148,87
80 (kg ha ⁻¹)	1,25	16,21	21,45	21,10	19,19	12,14	90,96	140,76	148,39
120 (kg ha ⁻¹)	1,22	16,29	21,49	21,17	19,26	12,04	90,98	139,56	148,66
160 (kg ha ⁻¹)	1,18	16,22	21,37	21,12	19,18	12,05	90,79	139,65	148,64
Teste F	2,17 ^{NS}	1,07 ^{NS}	0,87 ^{NS}	1,63 ^{NS}	0,75 ^{NS}	0,39 ^{NS}	0,91 ^{NS}	0,39 ^{NS}	0,38 ^{NS}
	-----Teste F-----								
(C) x (N)	2,60 ^{NS}	2,95 ^{NS}	3,14 ^{NS}	1,95 ^{NS}	2,90 ^{NS}	1,10 ^{NS}	1,10 ^{NS}	1,10 ^{NS}	1,08 ^{NS}
CV%	4,1	3,0	3,0	4,8	3,1	3,4	3,0	3,8	0,8

^{NS} - Não significativo ($p \geq 0.05$) em relação ao Teste F. ¹AR Caldo: açúcar recuperável do caldo; ²AR Cana: açúcar recuperável da cana; ³ART: açúcar redutores totais; ⁴Brix: concentração sólidos solúveis; ⁵ATR: açúcar total recuperável.

Segundo Prado e Pancelli (2006) a ausência de efeito da adubação nitrogenada sobre o rendimento do açúcar pode ser explicada pela aplicação de N não afetar o rendimento dos colmos, uma vez que existe relação direta de rendimento de colmos e rendimento de açúcar por área (PRADO, 2001). Desta maneira, Elawad et al. (1982) ressaltaram que o efeito da adubação nitrogenada está diretamente associado ao incremento no número de colmos por área e na altura

dos colmos, não especificamente à qualidade tecnológica (Pol e °Brix) por unidade de colmo.

De acordo com Prado et al. (2003) a aplicação da escória de siderurgia para o cultivo da variedade SP80-1842, também não apresentou efeito sobre o valor de °Brix, ainda que tal prática tenha resultado no aumento no rendimento de colmos, apresentando efeito linear com a ATR.

Conforme Silveira e Crocomo (1990) plantas cultivadas em altas concentrações de nitrogênio podem apresentar um decréscimo significativo no teor de sacarose. Entretanto, notou-se que mesmo com a aplicação de doses elevadas de nitrogênio não houve decréscimo no teor de sacarose (VITTI et al., 2007), podendo-se atribuir as baixas reservas de nitrogênio no solo bem como a própria mineralização da palhada dos ciclos anteriores (VITTI, 2003).

Outro fator seria a quantidade de resíduos orgânicos, de alta relação C:N, deixados sobre o solo após a colheita, que podem ter imobilizado o nitrogênio aplicado, indisponibilizando o nutriente para as plantas (VITTI et al., 2007).

V. CONCLUSÕES

Aplicação dos corretivos não afetou os atributos químicos do solo, exceto os teores de H+Al e a saturação por bases aos 12 meses. Notando-se interações significativas dos corretivos, doses de N e profundidades de estudadas aos 6 e 12 meses.

Os tratamentos não afetaram o estado nutricional e o acúmulo de nitrogênio e silício nas folhas e colmos e o desenvolvimento da cultura, no entanto, houve efeito significativo para o acúmulo de matéria seca nas folhas.

A adubação nitrogenada, independentemente do corretivo aplicado não afetou a produção de colmos e a qualidade tecnológica da cana-de-açúcar.

VI. REFERÊNCIAS

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.

ARTIGIANE, A.C.C.A.; **Combinações de gesso, silicato e calcário aplicados superficialmente no sistema de plantio direto de arroz e feijão irrigados por aspersão**. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, São Paulo. 2008.

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas**, 1983, 48 p. (Boletim Técnico, 78).

BERTHELSEN, S.; NOBLE, A.; KINGSTON, G.; HURNEY, A.; RUDD, A. Effect of Ca-silicate amendments on soil chemical properties under a sugarcane cropping system. In: SILICON IN AGRICULTURE CONFERENCE, 2., 2002, Tsuruoka, Japão. **Proceedings...** Tsuruoka: Japanese Society of Soil Science and Plant Nutrition, 2002, 57p.

BORGES, B.M.M.N. **Resposta da segunda soqueira de cana-de-açúcar à aplicação de nitrogênio na presença e na ausência de silício**. 56 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, São Paulo. 2012.

BRASSIOLI, F.B.; PRADO, R.M.; FERNADES, F.M. Avaliação agrônômica da escoria de siderurgia na cana-de-açúcar durante cinco ciclos de produção. **Bragantia**, v.68, n.2, p.381-387, 2009.

CANTARELLA, H.; et al. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2: ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. p. 233-239. (Boletim técnico, 100).

CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O.; CONTIN, T. L. M.; DIAS, F. L. F.; ROSSETTO, R.; MARCELINO, R.; COIMBRA, R. B.; QUAGGIO, J. A. Ammonia volatilisation from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. **Scientia Agrícola**, v.65, n.4, p.397-401, 2008.

CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P.C.O. **Determinação de nitrogênio total em solo**. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A., eds. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais, p.262-269, 2001.

COLETI, J.T. CASAGRANDE, J.C.; ESTUPIELLO, J.J.L.; RIBEIRO, L.D.; OLIVEIRA, G.R. Remoção de macronutrientes pela cana-planta e cana-soca, em argissolos, variedades RB83- 5486 e SP81-3250. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 8., 2002, Recife. **Anais...** Recife: STAB, 2002. p. 316-332.

Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar, segundo levantamento, agosto/2013** - Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília, Conab 2013.

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

DANTAS NETO, J.; FIGUEREDO J.L. da C.; FARIAS, C.H. de A.; AZEVEDO, H.M.; AZEVEDO, C.A.V. de. Resposta da cana-de-açúcar, primeira soca, a níveis de irrigação e adubação de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p.283-288, 2006.

DEMATTÊ, J.L. L; PAGGIARO, C.M; BELTRAME, J.A; RIBEIRO, S.S. **Uso de silicatos em cana-de-açúcar**. Informações Agronômicas, Piracicaba, Março 2011, nº 133. (Março, 2011) p. 7-12, 2011.

DONAGEMMA, G.K.; RUIZ, H.A.; ALVAREZ, V.H.; FERREIRA, P.A.; CANTARUTTI, R.B.; SILVA, A.T.; FIGUEIREDO, G.C. Distribuição do amônio, nitrato, potássio e fósforo em colunas de latossolos fertirrigadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2493-2504, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

FABRIS, L.B.; FOLONI, J.S.S.; CALONEGO, J.C.; SANTOS, D.H.; SANTO, G.S.; SILVA, P.C.G. Produtividade e desempenho de cana soca cultivada em diferentes espaçamentos e doses de adubação nitrogenada em cobertura. **Revista Agrarian**, v.6, n.21, p.252-258, 2013.

FAGUNDES, R.P. **Efeito do silicato na produção e qualidade de *brachiaria decumbens* cultivada em solo desagregado do triângulo mineiro**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Medicina Veterinária, Uberlândia, Minas Gerais.

FIDANZA, L.; REIS, M.S.; CORNÉLIO, V.M.O.; BORBA, S.M.; SOARES, A.A.; SOARES, P.C.; LEITE, N.A. **Efeito de silicato de cálcio sobre os componentes de produção, produtividade de grãos e incidência de doenças em arroz de terras altas**. Dissertação (Graduação) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

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

FONSECA, I. M. **Atributos químicos do solo, nutrição e produtividade da cana-planta em função da aplicação de nitrogênio e de escória de siderurgia**. 98 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, São Paulo. 2011.

FONSECA, I.M; PRADO, R.M; VIDAL, A.A; NOGUEIRA, T.A. R. Efeito da escória, calcário e nitrogênio na absorção de silício e na produção do capim-marandu. **Bragantia**, v.68, n.1, p. 221-232, 2009.

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 Subprodutos**, v. 26, p.47-51, 2008.

GAVA, G.J.C.; TRIVELIN, P.C.O.; VITTI, A.C.; OLIVEIRA, M.W. Recuperação do nitrogênio (15N) da uréia e da palhada por soqueira de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p.1347-1354, 2003.

GOMES, C.F.; MARCHETTI, M.E.; NOVELINO, J.O.; ALOVISI, A.M.T. Disponibilidade de silício para a cultura do arroz, em função de fontes, tempo de incubação e classes de solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 4, p. 531-538, 2011.

KORNDÖRFER, G. H.; DATNOFF, L. E. **Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana-de-açúcar e do arroz**. Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 70, p. 1-3, 1995.

KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura**. 53p. (Boletim técnico, 1). Uberlândia: GPSi- ICIAG-UFU, 2003.

KRASKA, J.E. e G.A. BREITENBECK. **Simple, Robust Method for Quantifying Silicon in Plant Tissue**. Communications in Soil Science and Plant Analysis, v. 41, n.17, p.2075- 2085, 2010.

MADEIROS, L.B.; VIEIRA, A.O.; AQUINO, B.F. Micronutrientes e silício nas folhas de cana-de-açúcar: Escória siderúrgica aplicado no solo. **Engenharia Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 027-037, 2009.

MALAVOLTA, E. **ABC da análise de solos e folhas: amostragem, interpretação e sugestões de adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1992.124p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006.

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

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, 2005. Cap. 6, p. 189-249.

MAUAD, M.; CRUSCIOL, C.A.C.;GRASSI FILHO, H.; MACHADO, S.R. Deposição de sílica e teor de nitrogênio e silício em arroz. **Semina**, v. 34, n. 4, p. 1653-1662, 2013.

MENDES, L. C. **Eficiência nutricional de cultivares de cana-de-açúcar**. 2006. 48p.

MOURA, M.V.P.S.; FARIAS, C.H.A.; AZEVEDO, C.A.V.; NETO, J.D.; AZEVEDO, H.M.; PORDEUS, R.V. Doses de adubação nitrogenada e potássica em cobertura na

cultura da cana-de-açúcar, primeira soca, com e sem irrigação. **Ciência agrotecnológica**, v.29, n.4, p. 753-760, 2005.

OKUMURA, R.S.; MARIANO, D.C. Aspectos agronômicos da ureia tratada com inibidor de uréase. **Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, v.8 n.2, p. 403-414. 2012.

OLIVEIRA, E.C.A.; FREIRE, F.J.; OLIVEIRA, A.C.; SIMÕES NETO, D.E.; ROCHA, A.T.; CARVALHO, L.A. Produtividade, eficiência de uso da água e qualidade tecnológica de cana-de-açúcar submetida a diferentes regimes hídricos. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.46, n.6, p.617-625, 2011.

OLIVEIRA, L. A.; KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, A. C. Acumulação de silício em arroz em diferentes condições de pH da rizosfera. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 4, p. 685-690, 2007.

ORLANDO FILHO, J.; RODELLA, A.A.; BELTRAME, J.A.; LAVORENTI, N.A. **Doses, fontes e formas de aplicação de nitrogênio em cana-de-açúcar**. STBA. Açúcar, Álcool e Subprodutos, v.17, n.4, p. 12-13, 1999.

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

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

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. Resposta da cana-de-açúcar a aplicação da escória de siderurgia como corretivo de acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 1, p. 199-207, 2001.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; NATALE, W. **Uso agrícola da escória de siderurgia como corretivo de acidez do solo: estudos na cultura da cana-de-açúcar**. Jaboticabal, Fundação de Estudos e Pesquisas em Medicina Veterinária, Agronomia e Zootecnia, 2001. 67 p.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; NATALE, W.. Efeito residual da escória de siderurgia como corretivo de acidez do solo na soqueira de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v.27, n.2, p. 287-296, 2003.

PRADO, R.M.; COUTINHO, E.L.M.; ROQUE, C.G.; VILLAR, M.L.P. Avaliação da escória de siderurgia e de calcários como corretivos da acidez do solo no cultivo da alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 4, p. 539-546, 2002.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M.; NATALE, W.; CORRÊA, M.C.M. Reatividade de uma escória de siderurgia em um Latossolo Vermelhos Distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.1, p. 197-205, 2004.

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

PRADO, R.M.; PANCELLI, M.A.. Nutrição Nitrogenada em Soqueiras e a Qualidade Tecnológica da cana-de-açúcar. **Tecnologia & Pesquisa**, v. 25, n. 2, p.60-63, 2006.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A. G. Absorção de cátions e ânions pelo capim-coastcross adubado com uréia e nitrato de amônio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 3, p. 247-253, 2005.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H. Milho para grãos e silagem. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. N. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997, 285 p. (Boletim Técnico, 100).

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

REIS JUNIOR, R.A.; MONNERAT, P.H. Validação de normas DRIS para a cultura da cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.3, p.379-385, 2003.

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.

ROSS, L.; NABABSING, P.; WONG YOU CHEONG, Y. Residual effect of calcium silicate applied to sugarcane soils. In: INTERNATIONAL CONG. THE SOC. SUGAR CANE TECHNOL. 15., Durban, **Proceedings...** v.15, n. 2, p. 539-542. 1974.

ROSSETO, R.; DIAS, F. L. F. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar: indagações e reflexões.** Encarte de Informações Agronômicas, junho/2005. p.10 (Boletim Técnico, 110).

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.

SANTOS, V.M. **Potencial da escória na correção da acidez do solo no plantio direto.** 2009. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

SCHODER, J. J.; NEETESON, J. J.; OENEMA, O.; STRUIK, P. C. Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production: Reviewing the state of the art. **Field Crops Research**, v.66, p.151-164, 2000.

SCHULTZ, N.; LIMA, E.; PEREIRA, M.G.; ZONTA, E. Efeito residual da adubação na cana-planta e da adubação nitrogenada e potássica na cana-soca colhidas com e sem a queima da palhada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.3, pp. 811-820, 2010.

SILVA, C.N.B.; GALACINE, J.R.M.; SILVA, D.P.; EPIPHANIO, P.D.; BARROS, B.M.C.; SILVA, T.F.; BOSQUÊ, G.G.; LIMA, F.C.C. Doses de adubação de silício na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Científica eletrônica de Agronomia**, v. 6, Ano x, n.20. 2011.

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

SOUZA, Z.M.; PAIXÃO, A.C.S.; PRADO, R.M.; CEZARIN, L.G.; SOUZA, S.R. Manejo da palhada de cana colhida sem queima, produtividade do canavial e qualidade do caldo. **Ciência Rural**, v.35, n.5, p.1062-1068, 2005.

SPIRONELLO, A.; RAIJ, B. van; PENATTI, C.P.; CANTARELLA, H.; MORELLI, J.L.; ORLANDO FILHO, J.; LANDELL, M.G.A.; ROSSETO, R. Cana-de-açúcar. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Fundação IAC, 1997. p. 237-239. (Boletim, 100).

THEODORO, A.D. **Extensão da cana-de-açúcar no Brasil: Ocupação da cobertura vegetal do cerrado**. 2011. 62 f. (Monografia em Agronomia) - Faculdade de tecnologia de Araçatuba, Araçatuba, 2011.

URQUIAGA, S.; CRUZ, K.H.S.; BODDEY, R.M. Contribution of nitrogen fixation to sugar cane: nitrogen-15 and nitrogen-balance estimates. **Soil Science Society of America Journal**, v.56.n.1,p 12-13, 1992.

VALE, D.W. **Efeito da aplicação de nitrogênio nos atributos químicos do solo, na nutrição e na produção de cana-de-açúcar**. 2009. 132f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista-Unesp, Jaboticabal, 2009.

VIDAL, A.A. **Escória de siderúrgica na cultura do arroz: Fonte de silício e a interação com o nitrogênio**. Tese (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista-Unesp, Jaboticabal, 2008.

VIDAL, A.A.; PRADO, R.M. Aplicação de escória de siderúrgica, calcário e ureia em Latossolo cultivado com arroz. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 2, p. 264-272, 2011.

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

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**, v. 42, n. 2, p. 249-256, 2007.

VITTI, G.C.; TRIVELIN, P.C.O. Adubação nitrogenada melhora o vigor das soqueiras de cana-de-açúcar refletindo em produtividade nos ciclos agrícolas subsequentes. **Tecnologia & Pesquisa**, v. 8, n. 2, 2011.