

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

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

**Gilmara Pereira da Silva
Engenheira Agrônoma**

2014

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

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

**Gilmara Pereira da Silva
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).**

2014

Silva, Gilmara Pereira da
S586r Resposta da soqueira da cana-de-açúcar à aplicação de nitrogênio na ausência e na presença de silício / Gilmara Pereira da Silva. -- Jaboticabal, 2014
xi, 44 p. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014

Orientador: Renato de Mello Prado

Banca examinadora: Renato de Mello Prado, Francisco Maximino Fernandes, William Natale

Bibliografia

1. Adubação nitrogenada. 2. Calcário. 3. Escória. 4. *Saccharum* spp. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.84:633.61

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

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

AUTORA: GILMARA PEREIRA DA SILVA

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. WILLIAM NATALE
Departamento de Solos e Adubos / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. FRANCISCO MAXIMINO FERNANDES
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha
Solteira

Data da realização: 17 de julho de 2014.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Gilmara Pereira da Silva, nascida em Pindobaçú – BA, Brasil em 24 de setembro de 1988, filha de Maria Barbosa dos Santos Filha e Mario Pereira da Silva. Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (2012). Em março de 2013, iniciou o curso de mestrado pelo programa de Pós-graduação em Agronomia (Ciência do Solo) pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Câmpus de Jaboticabal, SP. Membro do Grupo de Estudos em Nutrição de Plantas da UNESP – GENPLANT atua na área de nutrição de plantas e fertilidade do solo. Bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES.

Dedicatória

Aos meus pais Maria Barbosa dos Santos Filha e Mario Pereira da Silva e minha avó Arlinda Pereira de Jesus (in-memoria), pelos ensinamentos, dedicação, apoio e, principalmente, pelo exemplo de vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida e por estar sempre me guiando nas minhas escolhas e por torná-las realidade.

A Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, pela oportunidade concedida para a realização do curso de Mestrado em Agronomia (Ciência do solo).

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudo concedida e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro à pesquisa.

A minha família, meus pais, irmãos e a minha querida avó (in-memoria), por todo o apoio, incentivo e compreensão para que meus objetivos fossem alcançados.

Ao meu namorado Hermenegildo Lucas Justino Chiaia por todo o amor, carinho e por fazer parte da minha vida.

Ao meu orientador, professor Dr. Renato de Mello Prado, por acreditar e confiar no meu potencial, e pela orientação e ensinamentos durante esse período.

Ao meu ex-orientador Prof. Dr. Emídio Cantidio Almeida de Oliveira, pelos ensinamentos, conselhos, confiança e a grande amizade.

A todos os funcionários do Departamento de Solos e Adubos, em especial aos que conviveram com maior frequência durante este período: Maria Inês, Ademir (Cherinho), Djair, Célia, Cláudia, Fernanda e Mauro.

A todos os professores dos Programas de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo e Produção Vegetal) da UNESP de Jaboticabal.

Aos funcionários da Fazenda Ensino, Pesquisa e Produção da FCAV/Unesp e à Usina São Martinho pelo auxílio nas atividades de campo.

A todos os colegas do GENPLANT, pela amizade e ajuda na condução do experimento.

Aos meus grandes amigos Gerffesson Thiago Mota de Almeida Silva, Sylvia Letícia Oliveira Silva e Luma Castro pela amizade, pelos maravilhosos momentos de convívio, aprendizado e incentivo.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	ii
ABSTRACT	iii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Importância econômica da cana-de-açúcar	3
2.2 Resposta da cana-de-açúcar à adubação nitrogenada.....	3
2.3 Resposta da cana-de-açúcar a adubação silicatada.....	5
2.4 Relação entre nitrogênio e silício	6
3. MATERIAL E MÉTODOS	8
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
5. CONCLUSÕES.....	35
6. REFERÊNCIAS	36

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

RESUMO – Estudos vêm mostrando que a aplicação de Si pode garantir a máxima eficiência do N, sustentando o potencial das plantas, especialmente da cana-de-açúcar em sistemas altamente produtivos. Nesse sentido, objetivou-se avaliar os atributos químicos do solo, a nutrição, o crescimento, a produção de colmos e a qualidade tecnológica da quarta soqueira da cana-de-açúcar, em função de doses de nitrogênio na ausência e na presença de silício. O experimento foi realizado em condições de campo, no período de julho de 2012 a julho de 2013, na área experimental da UNESP - Câmpus de Jaboticabal-SP. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 5x2, sendo cinco doses de nitrogênio (0; 40; 80; 120 e 160 kg ha⁻¹ de N) e dois materiais corretivos, a escória e o calcário, com quatro repetições. O trabalho foi realizado na quarta soqueira da cana-de-açúcar utilizando a variedade RB 855156. Durante a condução do experimento foram avaliados os atributos químicos do solo; estado nutricional das plantas, crescimento; produção de colmos; acúmulo de N e de Si na folha e no colmo além da qualidade tecnológica da cana-de-açúcar. A adubação nitrogenada associada ao uso de escória apresentou comportamento semelhante ao calcário na melhoria dos atributos químicos do solo. Houve melhor fertilidade do solo nas camadas superficiais; entretanto, a interação tratamento principal (cinco doses de N e dois materiais corretivos a escória e calcário) e secundário (quatro camadas do solo 0-10; 10-20; 20-40 e 40-60 cm) não influenciou nos atributos químicos do solo. A interação entre doses de N e uso de escória e calcário promoveu melhorias no estado nutricional e aumentou o acúmulo de N e de Si na cana-de-açúcar. A adubação nitrogenada, associada ao uso de corretivos, promoveu melhorias nas variáveis de crescimento da cana-de-açúcar. Houve menor produção de colmo com o uso de escória, em relação ao uso de calcário. A interação entre doses de N e uso de escória ou calcário não afetou a qualidade tecnológica da cana-de-açúcar.

Palavras-chave: adubação nitrogenada, calcário, escória, *Saccharum spp*

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

ABSTRACT - Studies have shown that Si application can ensure maximum expression of N, supporting the potential of plants especially sugar cane in highly productive systems. In this sense it was aimed to evaluate chemical properties of soil, nutrition, growth straw yield and technological quality of the fourth ratoon sugar cane due to nitrogen levels in the absence and presence of silicon. The experiment was conducted in the field, from July 2012 to July 2013 in the experimental area at UNESP - Câmpus of Jaboticabal-SP. The experimental area was classified as Latossolo Vermelho Distrófico. The experimental design was randomized blocks, factorial 5x2 design, with five nitrogen rates (0; 40; 80; 120 and 160 kg ha⁻¹ N) and two corrective materials, silicate and limestone, with four replications. The study was conducted in the fourth ratoon sugar cane bagasse using RB 855156 variety. During the experiment were evaluated chemical soil attributes; plant nutritional status, growth; straw yield; Si and N accumulation in leaf and stem and technological quality of sugar cane. Nitrogen fertilization associated with the use of slag performance similar to limestone in improving chemical soil behavior. There was a higher soil fertility in the surface layers, however the interaction primary and secondary treatment did not influence the soil chemistry. The doses of N interaction and use of slag and limestone promoted improvements in nutritional status and increased the accumulation of N and Si in sugar cane. Nitrogen fertilization associated with the use of corrective promoted improvements in growth variables of sugar cane. There was a lower production of stem with the use of slag in soil in relation to liming. The doses of N interaction and use of slag and limestone did not affect the technological quality of sugar cane.

Keywords: nitrogen fertilizer, limestone, silicate, *Saccharum* spp

1. INTRODUÇÃO

O Brasil, no cenário mundial, ocupa lugar de maior produtor de cana-de-açúcar (CONAB, 2013), liderança que tem marcado a importância da cultura na economia brasileira.

O aumento nas áreas cultivadas com a cana-de-açúcar é fruto de todas as tecnologias empregadas (ORLANDO FILHO et al., 1996). Dentre estas, a adubação assume papel importante no rendimento agrícola e industrial (KORNDORFER et al., 1992), além da necessidade da correção da acidez do solo.

Para maior eficiência da aplicação dos fertilizantes, a adoção de práticas de correção da acidez do solo é necessária, que normalmente é realizada a partir da aplicação de calcário, contudo, materiais corretivos alternativos vêm sendo estudados, com destaque para a escória de siderurgia que neutraliza a acidez do solo, fornecendo Ca/Mg e Si para as plantas (PRADO; FERNANDES, 2000), além de poder aumentar a eficiência da adubação nitrogenada, em sistemas altamente produtivos (DEREN et al., 1994).

A importância do nitrogênio na nutrição, desenvolvimento e produtividade da soqueira de cana-de-açúcar em sistema de colheita sem o uso da despalha por fogo é reportada na literatura (VITTI et al., 2007), embora existam diferenças nas doses de nitrogênio adequadas à cultura (KORNDORFER et al., 2002). A produtividade da cana-de-açúcar está diretamente relacionada à adubação nitrogenada, pois o N é um dos nutrientes limitantes à produtividade e a longevidade das soqueiras de cana-de-açúcar (VITTI, 2003).

O silício proveniente da escória de siderurgia assume papel importante na cultura da cana-de-açúcar, mesmo não sendo considerado um nutriente para as plantas. É o elemento mais absorvido pela cultura, seguido por potássio, nitrogênio, cálcio e magnésio (TISDALE et al., 1993; FONSECA, 2011).

A cana-de-açúcar responde favoravelmente à adubação com Si, particularmente nos solos pobres neste elemento. Os experimentos de campo conduzidos no Brasil, principalmente em solos arenosos empregando silicato têm mostrado resultados bastante consistentes, com aumentos de produção na ordem de 11 a 20% em cana-soca (DATNOFF et al., 2001). Na Flórida, o silício é

considerado um elemento benéfico para a produção da cana-de-açúcar e respostas de rendimento são reportadas em solos pobres no elemento (MCCRAY; JI, 2012).

Com relação à adubação nitrogenada e silicatada, estudos vêm mostrando que aplicação de Si pode garantir a máxima eficiência do N, sustentando o potencial das plantas especialmente a cana-de-açúcar em sistemas altamente produtivos.

Assim, o efeito do Si tende a ser mais benéfico em cultivos com doses altas de nitrogênio (TAKAHASHI, 1995), devido aos tecidos das plantas ficarem tenros, suscetíveis à penetração de agentes externos como pragas e patógenos, além do maior auto-sobreamento no campo, com queda na taxa de fotossíntese (MALAVOLTA, 2006). Assim, o silício torna as folhas mais eretas, diminui o auto-sobreamento, aumenta a interceptação de luz e a fotossíntese, reduz o acamamento e aumenta a possibilidade de responder à adubação, principalmente a nitrogenada (MALAVOLTA, 2006a).

Apesar da importância da relação nitrogênio e silício para a cana-de-açúcar relacionada ao aumento na produção de colmos industrializáveis (FONSECA, 2011), poucos estudos são relatados na literatura, tendo apenas trabalhos desenvolvidos em casa de vegetação (VALE et al., 2010; BASTO et al., 2010) e em campo cultivado em Latossolo Vermelho Distrófico restrito aos primeiros ciclos da cultura ou seja na cana-planta, primeira-soqueira (FONSECA, 2011) e na segunda-soqueira (BORGES, 2012). Dessa forma, há necessidade de avançar com informações consolidadas sobre os efeitos da interação entre nitrogênio e silício ao longo de todo ciclo das soqueiras da cana-de-açúcar.

Nesse sentido, objetivou-se avaliar os atributos químicos do solo, a nutrição, o crescimento, a produção de colmos e a qualidade tecnológica da quarta soqueira da cana-de-açúcar, em função de doses de nitrogênio, na ausência e na presença de silício.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância econômica da cana-de-açúcar

O Brasil apresenta-se como maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com produtividade média de 74,7 t ha⁻¹ e produção total de 658,8 milhões de toneladas na safra 2013/14, com aumento de 11,9% em relação à safra 2012/13 (CONAB, 2014).

A produção de cana-de-açúcar da Região Centro-Sul foi de 602,1 milhões de toneladas, 13,0% maior que a produção da safra anterior. Deste total, 60,2% proveio de São Paulo, 13,7% de Minas Gerais, 13,3% de Goiás, 6,5% de Mato Grosso do Sul e 3,6% do Paraná, totalizando 97,3% deste crescimento (CONAB, 2014).

A área cultivada com cana-de-açúcar que foi colhida e destinada à atividade sucroalcooleira na safra 2013/14 é de 8.811 mil hectares, distribuídas em todos estados produtores. São Paulo permanece como o maior produtor com 51,7% (4.552,0 mil hectares) da área plantada, seguido por Goiás com 9,3% (818,4 mil hectares), Minas Gerais com 8,9% (779,8 mil hectares), Mato Grosso do Sul com 7,4% (654,5 mil hectares), Paraná com 6,7% (586,4 mil hectares), Alagoas com 4,7% (417,5 mil hectares) e Pernambuco com 3,2% (284,6 mil hectares) (CONAB, 2014).

São Paulo, Mato Grosso do Sul, Goiás e Minas Gerais foram os estados com maiores acréscimos de áreas, com 132,6 mil hectares, 111,8 mil hectares, 92,5 mil hectares e 58,0 mil hectares, respectivamente. Este crescimento ocorreu, principalmente, devido à expansão de novas áreas de plantio das novas usinas em funcionamento (CONAB, 2014).

2.2 Resposta da cana-de-açúcar à adubação nitrogenada

A adubação nitrogenada mostra-se a prática cultural de maior demanda de pesquisas para as culturas em geral e, para a cultura da cana-de-açúcar. Contudo, estudos sobre doses de nitrogênio apresentam resultados muito variáveis e por vezes até contraditórios, especialmente no sistema de colheita sem despalha por fogo (KORNDÖRFER et al., 2002).

Trabalhos realizados na Índia e na China, indicaram que as doses recomendadas de N pode chegar até 300 kg ha⁻¹ (ROY et al., 2006; KOSTKA et al., 2009). Em outros países como o México (SALGADO GARCÍA et al., 2010); Austrália, (SCHROEDER et al., 2010); África do Sul (MEYER, 1994); e partes do EUA (ANON, 2001; WIEDENFELD; ENCISO, 2008), a recomendação de N encontra-se na faixa de 150-200 kg ha⁻¹ (PEREZ et al., 2010).

Na Austrália, Holst et al. (2012), estudando a importância da adubação nitrogenada em cana-soca com aplicação de 140 e 100 kg ha⁻¹ de N na primeira e segunda socas, respectivamente, utilizando a variedade Q 1117 e seis clones, observaram que a adubação nitrogenada promoveu aumento na taxa de mineralização do solo e maior produção de biomassa em relação ao tratamento sem adição do nutriente.

Madhuri et al. (2011) na Índia, avaliando elevadas doses de nitrogênio na produtividade e qualidade de variedades precoces de cana-de-açúcar cultivada em solo de textura franco-arenosa, verificaram que as variedades estudadas respondem diferentemente à adubação nitrogenada, com aumento na produtividade de colmos até a dose de 280 kg ha⁻¹ de N; observaram, também, que existem cultivares que respondem à baixos níveis de nitrogênio no solo, podendo ser indicada para solos de baixa fertilidade; no entanto, outras cultivares estudadas responderam à dose máxima de N.

No Brasil, a melhor recomendação para adubação nitrogenada em soqueiras ainda é a baseada na expectativa de produtividade e no uso da relação 1,0 a 1,2 kg de N por tonelada de colmo (DEMATTÊ, 2005). O Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) recomenda a dose média de 100 kg ha⁻¹ de N em soqueiras de cana-de-açúcar, independentemente de outros fatores (RAIJ; CANTARELLA, 1997).

Castro et al. (2014), estudando a adubação nitrogenada na cana-de-açúcar na região de Sales Oliveira-SP, utilizando a variedade SP 81-3250, observaram maior produção de colmos na dose de 144 kg ha⁻¹ de N.

Fortes et al. (2013), avaliando a produtividade de colmos e sacarose em resposta a adubação nitrogenada da cana-de-açúcar, sob preparo reduzido em fase de cana-planta e três socas consecutivas, cultivada em Latossolo Vermelho Eutrófico argiloso em Jaboticabal, SP, utilizando a variedade SP 81-3250 com

aplicação de 40; 80 e 120 kg ha⁻¹ de N em cana-planta; 50; 100 e 150 kg ha⁻¹ de N na primeira e segunda soqueira e 100 kg ha⁻¹ de N na terceira soqueira, verificaram que a adubação nitrogenada em cana-planta e soqueira promoveu aumento na produtividade de colmo e açúcar, com produção máxima até a dose de 110 kg ha⁻¹ de N.

Vieira et al. (2010), estudando o cloreto de amônio como fonte de nitrogênio em cana-de-açúcar colhida sem queima, em Piracicaba, SP, cultivada em Latossolo Vermelho – Amarelo, utilizando a variedade SP 891115 em fase de cana-soca, com aplicação de 0; 60; 120 e 180 kg ha⁻¹ de N, concluíram que a adubação nitrogenada proporcionou aumento nos rendimentos da soqueira, com perfilhamento e produção de massa fresca máxima encontrada na dose de 100 e 117 kg ha⁻¹ de N respectivamente.

Contudo, os resultados apresentados mostram que ainda existem variações nas doses de nitrogênio à serem aplicadas. Isso indica a necessidade de mais estudos na área, permitindo que a recomendação da adubação nitrogenada nas soqueiras em sistema de colheita sem despalha por fogo leve em consideração a cultivar, o solo, o manejo e o ambiente de cultivo.

2.3 Resposta da cana-de-açúcar a adubação silicatada

O silício vem sendo utilizado como fertilizantes na agricultura em vários países, como Brasil, Japão, Ilhas Maurícius, Estados Unidos (EUA), Austrália e África do Sul. O silicato de cálcio e magnésio, um subproduto da indústria siderúrgica e da produção de fósforo elementar, é fonte de Si e vem sendo utilizado no EUA como adubo nas culturas do arroz e da cana-de-açúcar (RODRIGUES et al., 2011). Na Flórida (EUA), mais de 150.000 toneladas de silicato de cálcio são anualmente utilizadas nas culturas do arroz e da cana-de-açúcar (KORNDÖRFER; OLIVEIRA, 2010).

No Brasil o silício ainda é pouco utilizado devido a pouca oferta de fertilizantes silicatados em todas as regiões, o que onera as despesas com transporte e também pelo fato de inexistir informação, tanto por parte dos técnicos quanto dos agricultores sobre a importância do Si na agricultura (MARAFON, 2011). Contudo, novos

trabalhos avaliando a resposta da cana-de-açúcar à adubação silicatada vem sendo realizados em vista da importância desse elemento para as culturas.

Reis et al. (2013), estudando os atributos químicos do solo e a produção da cana-de-açúcar em resposta a aplicação de silicato de cálcio em Dourados, MS, utilizando a variedade SB 803250, constataram que a aplicação de silicato de cálcio ao solo proporcionou incrementos significativos na produção da cana-de-açúcar.

Demattê et al. (2011), relataram que a utilização de silicatos na cultura da cana-de-açúcar em diferentes solos do estado de São Paulo, resultou em aumento da produtividade tanto na cana-planta como na soqueira em presença de silício.

Sobral et al. (2011), avaliando escória de siderurgia e seus efeitos nos teores de nutrientes e metais pesados na cana-de-açúcar em Goiana, PE, cultivado em Argissolo Vermelho-Amarelo, utilizando a variedade RB 92579, verificaram que a aplicação de escória siderúrgica promoveu acréscimos nos teores de Ca, Mg, P, Si, Fe, Mn e Zn e redução da acidez potencial no solo, alterações na altura dos colmos e na área foliar da cana-planta. No entanto, as doses crescentes de escória não proporcionaram aumento significativo nas variáveis industriais analisadas, o que pode ser justificada pela liberação do nutriente ocorrer lentamente no solo e apresentar maior efeito em cana-soca. Isso corrobora os resultados obtidos por Brassioli et al. (2009), que verificaram efeito residual da escória de siderurgia e aumento da produção da cana-de-açúcar, sendo mais importante nas soqueiras, quando comparado com a cana-planta.

2.4 Relação entre nitrogênio e silício

Em sistemas de produção intensiva, em que maior fertilização nitrogenada é exigida, há relatos de que os tecidos das plantas ficam tenros, suscetíveis à penetração de agentes externos como pragas e patógenos, além do maior auto-sombreamento das plantas no campo, com diminuição da taxa fotossintética (MALAVOLTA, 2006), favorecendo o acamamento das plantas e dificultando a colheita.

Dessa forma, incluir a adubação silicatada na cultura da cana-de-açúcar pode ser uma alternativa interessante, uma vez que, após ser absorvido, o Si é

depositado nas paredes das células, contribuindo substancialmente para fortalecer a estrutura da planta e aumentar a resistência ao acamamento (EPSTEIN, 1999). Além disso, são verificados aumentos no crescimento e na produção de biomassa de um grande número de plantas, principalmente as monocotiledôneas (RAID et al., 1992; EPSTEIN, 1994), e redução da taxa de senescência foliar de forma que as folhas ficam fotossinteticamente ativas por mais tempo (PRADO; FERNANDES, 2000). Nestas circunstâncias, a aplicação de silício poderá garantir maior eficiência do nitrogênio, sustentando o potencial da cana-de-açúcar em sistemas de cultivo intensivo.

Fonseca (2011), ao avaliar os atributos químicos do solo, a nutrição e a produtividade da cana-planta e primeira-soqueira em função da aplicação de nitrogênio e de escória de siderurgia, cultivada em Latossolo Vermelho Distrófico em Jaboticabal, SP utilizando a variedade RB 855156, com aplicação de 0; 30; 60; 90 e 120 kg ha⁻¹ de N, constatou aumento de 15 t ha⁻¹ na produção de colmos industrializáveis com a associação da adubação nitrogenada e silicatada.

Borges (2012), ao avaliar resposta da segunda-soqueira da cana-de-açúcar à aplicação de nitrogênio, na presença e ausência de silício, cultivada em Latossolo Vermelho Distrófico em Jaboticabal, SP, utilizando a variedade RB 855156, verificou aumento na produção de colmos da cana-de-açúcar até a dose de 160 kg ha⁻¹ de N, independente da aplicação de calcário ou silicato.

Vale et al. (2010), estudando o nitrogênio e a escória de siderurgia nos atributos químicos do solo e na nutrição da cana-de-açúcar em Jaboticabal, SP, em casa de vegetação, utilizando a variedade SP 791011, com a aplicação de duas fontes de corretivos, três doses do material corretivo e duas doses de nitrogênio, verificaram com a aplicação dos materiais corretivos e de nitrogênio, que todos os nutrientes apresentaram teores considerados adequados para a cana-de-açúcar.

Basto et al. (2010), trabalhando com materiais corretivos e nitrogênio na cultura da cana-de-açúcar em casa de vegetação em Jaboticabal, SP, utilizando a variedade SP 791011, não observaram efeito da associação entre nitrogênio e silício na produção de biomassa.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em condições de campo, no período de julho de 2012 a julho de 2013 na área experimental da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Câmpus de Jaboticabal-SP (21°14'05" S e 48°17'09" W). O solo da área experimental foi classificado por Andrioli e Centurion (1999), correspondendo ao Latossolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 2013).

Antes da implantação do experimento em cana-planta foram aplicadas as doses de 0; 30; 60; 90; 120 kg ha⁻¹ de N. Nos tratamentos na ausência e na presença de Si foram aplicados calcário e escória, com a finalidade de elevar V a 60%, aplicando-se 2,19 e 2,61 t ha⁻¹ respectivamente.

Na primeira soqueira as doses de N empregadas foram 0; 40; 80; 120 e 160 kg ha⁻¹ na forma de ureia, não sendo feita a aplicação dos materiais corretivos. As doses de nitrogênio empregadas na segunda e terceira soqueiras foram iguais às utilizadas na primeira soqueira, com aplicação dos materiais corretivos o calcário e escória aplicando-se 1,0 e 0,9 t ha⁻¹ respectivamente.

Após o corte da terceira soqueira realizou-se análise química do solo para fins de fertilidade, na camada de 0-20 cm de profundidade nos tratamentos com escória e calcário de acordo com os métodos descritos por Raij et al. (2001) obtendo-se os seguintes resultados: pH(CaCl₂): 4,3 e 4,4; M.O: 14,7 e 14,5 g dm⁻³; P-resina: 10,2 e 9,7 mg dm⁻³; K: 1,1 e 1,1 mmol_c dm⁻³; Ca: 11,1 e 12,0 mmol_c dm⁻³; Mg: 4,3 e 4,3 mmol_c dm⁻³; H+Al: 43,6 e 42,4 mmol_c dm⁻³; SB: 16,5 e 17,4 mmol_c dm⁻³; CTC: 60,1 e 59,0 mmol_c dm⁻³ e V%: 27 e 29. Determinou, também, os teores de N-NH₄⁺: 0,3 e 0,3 mg kg⁻¹; N-NO₃⁻: 0,4 e 0,4 mg kg⁻¹ (TEDESCO et al., 1985) e Si: 0,8 e 0,7 mg dm⁻³ (KORNDÖRFER et al., 2004).

As precipitações, registradas durante a condução do experimento, apresentaram adequada distribuição pluvial, não havendo limitações hídricas, totalizando 1.407 mm durante o período experimental (Figura 1).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 5x2, sendo cinco doses de nitrogênio (0; 40; 80; 120 e 160 kg ha⁻¹ de N) e dois materiais corretivos, a escória e o calcário, com quatro repetições.

Cada unidade experimental foi composta por uma parcela de quatro linhas de 6 m de comprimento, espaçadas entre si e separada por corredores de 1,5 m, totalizando 36 m². Para as avaliações, foi considerada a área útil de 18 m², representada pelas duas linhas centrais, sendo excluído 1m de bordadura nos extremos das parcelas.

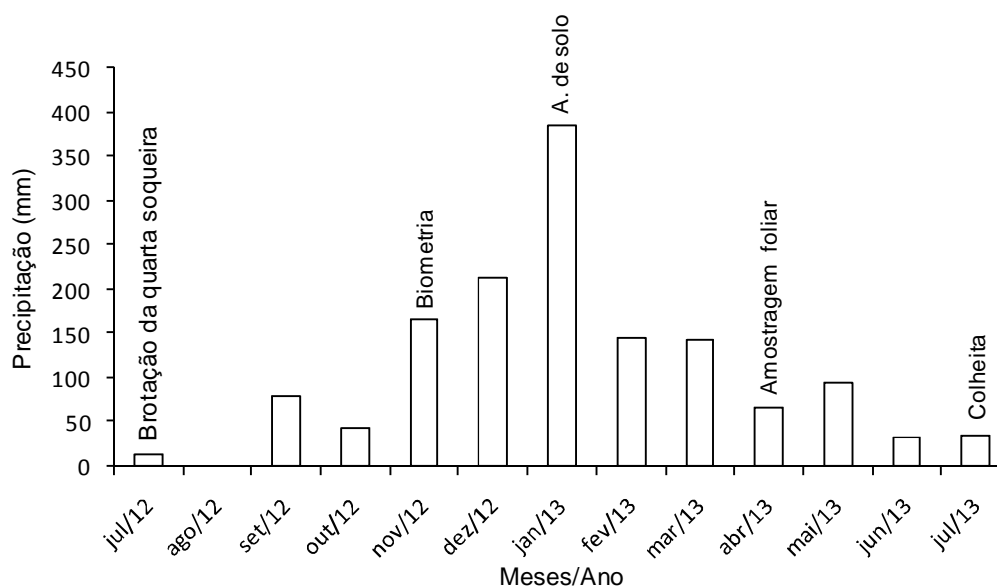


Figura 1. Valores médios mensais de precipitação pluvial durante o período de avaliação do experimento. Fonte: Estação Agroclimatológica FCAV/Unesp, 2014.

Para estabelecer as doses de nitrogênio, tomou-se como padrão a dose 120 kg ha⁻¹ de N, indicada para a cana-soca, com meta de produtividade maior que 100 t ha⁻¹ no estado de São Paulo (SPIRONELLO et al., 1997).

O experimento foi realizado na quarta soqueira da cana-de-açúcar, utilizando a variedade RB 855156, que apresenta excelente capacidade de brotação em soqueiras, com produtividade média, sendo recomendada para solos com média fertilidade (PMGCA, 2008). As informações de plantio e de tratos culturais da cana-planta, primeira, segunda e terceira soqueiras, foram descritas por Fonseca (2011), Borges (2012) e Nóia (DADOS NÃO PUBLICADOS) respectivamente.

Antes da implantação do experimento, foram estabelecidas as doses dos corretivos e as quantidades necessárias para elevar a V a 60%, seguindo a recomendação para cana-de-açúcar no estado de São Paulo (SPIRONELLO et al.,

1997). Entretanto, utilizou-se metade da quantidade, devido à aplicação do material ser superficial, sem incorporação aplicada em área total da parcela experimental (ROSSETTO et al., 2004). Nos tratamentos com calcário, foi aplicada $1,0 \text{ t ha}^{-1}$ do produto (PRNT = 86,2%, RE = 85,9%, CaO = 41,4% e MgO = 10,6%), e nos tratamentos com escória foi aplicada $0,9 \text{ t ha}^{-1}$ do produto (PRNT = 88,0%, RE = 82,9%, CaO = 42,1%, MgO = 12,4%, Si total = 8,1%, Si solúvel em $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NH}_4\text{NO}_3$ = 6,0%).

O adubo nitrogenado foi aplicado de forma localizada sem incorporação período anterior a precipitação registrada no mês de julho. O adubo foi aplicado na forma de ureia, distribuída manualmente, aos 15 dias após a brotação da cana-de-açúcar, a 10 cm da linha de plantio. O potássio foi aplicado na forma de cloreto de potássio, na mesma data do fertilizante nitrogenado, de modo uniforme em todos os tratamentos, na dose de 150 kg ha^{-1} de K_2O , conforme a recomendação de adubação proposta por Spironello et al. (1997) e não foi realizada a aplicação de fósforo no solo.

As amostragens de solo foram realizadas no mesmo local da adubação, aos seis e doze meses após a brotação da cana-de-açúcar, tomando-se 10 pontos por área útil, considerando as camadas de 0-10; 10-20; 20-40 e 40-60 cm de profundidade. Para as variáveis de solo, os tratamentos principais foram compostos do fatorial 5x2 (cinco doses de N e dois materiais corretivos a escória e o calcário) e, os tratamentos secundários foram constituídos pelas quatro camadas do solo (0-10; 10-20; 20-40 e 40-60 cm).

As amostras de solo foram acondicionadas em sacos plásticos para a determinação do teor de N mineral e, em caixa de papel para posterior análise para fins de fertilidade e determinação de silício.

As amostras de solo utilizadas para a determinação de N mineral na forma de N-NH_4^+ e N-NO_3^- foram transportadas do campo ao laboratório com auxílio de caixa térmica contendo gelo, a fim de reduzir as alterações nas concentrações de amônio e nitrato (MATTOS JÚNIOR et al., 1995). Em seguida, essas amostras foram armazenadas em congelador para posterior extração e determinação de amônio e nitrato (TEDESCO et al., 1985).

As amostras de solo para fins de fertilidade e determinação de silício foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira com malha de 2 mm de abertura para determinações dos atributos químicos do solo (pH, M.O., P, K, Ca, Mg, H+Al). A análise química seguiu os métodos descritos por Raij et al. (2001) e calcularam-se a SB, CTC e V% e concentração de Si “disponível”, segundo o método descrito por Korndörfer et al. (2004).

As avaliações de crescimento foram realizadas aos quatro, nove e doze meses após a brotação da cana-de-açúcar, considerando-se a altura da planta medida da base até a bainha da folha +1; o número de perfilhos e o número de colmos em 1,5 m e, o diâmetro de perfilhos e o diâmetro do colmo, aferido a 4 cm do colo da planta com paquímetro digital.

Aos nove meses, fase de maior desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar, foi avaliado o estado nutricional das plantas (macronutrientes, micronutrientes e silício), sendo determinado em amostras de 10 folhas por parcela, coletadas na área útil, empregando-se os 20 cm centrais da folha +1 sem a nervura central (RAIJ; CANTARELLA, 1997).

Após a coleta das folhas, o material vegetal foi encaminhado para o laboratório, e o preparo das amostras e a análise química dos teores de nutriente e silício foram realizados de acordo com os métodos descritos por Bataglia et al. (1983) e Korndörfer et al. (2004), respectivamente.

Aos doze meses foi realizada a colheita da cana-de-açúcar manualmente, sem despalha por fogo, avaliando-se a produção de colmos a partir da coleta dos colmos da área útil, que foram pesados e os valores expressos em t ha⁻¹.

No momento da colheita, foram coletadas, também, amostras de plantas e separadas em folhas e colmo em 1,5 m da linha de plantio, que foram pesadas cada parte para determinação da matéria úmida, seguindo-se da trituração dos tecidos vegetais em desintegrador do tipo forrageiro. Após homogeneização, sub-amostras de aproximadamente 400 g de folhas e colmos foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até atingir peso constante; depois de seca foi determinada a matéria seca de folhas e de colmos.

O acúmulo de N e Si nas folhas e colmos foi determinado separando-se e pesando-se o total de folhas e colmos contidos na área útil e o teor de cada elemento por kg de matéria seca produzida.

Na ocasião da colheita foi realizada a amostragem de colmo para a avaliação da qualidade tecnológica da cana-de-açúcar, realizada a partir de 10 colmos contidos nas linhas centrais de cada parcela. As avaliações da qualidade tecnológica foram realizadas na Usina São Martinho determinando-se os açúcares redutores totais ($^{\circ}$ Brix), o teor de sacarose (Pol), a pureza, a quantidade de açúcar contida nos colmos (PC), a fibra e o açúcar teórico recuperável (ATR) analisados segundo o método descrito pela Consecana-SP (2006).

Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância, utilizando-se o teste F a 5 % de probabilidade. Quando significativo as médias da fonte de variação (corretivos), foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade. Para a fonte de variação doses de N, quando significativo realizou-se a análise de regressão polinomial. Para as variáveis de solo, realizou-se análise estatística em parcelas subdivididas. Utilizou-se o software SISVAR, versão 5.3 BETA (FERREIRA, 2011). Os gráficos foram obtidos utilizando-se o programa Microsoft Excel Starter 2007 em Windows 7 Starter.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constatou-se que as doses de N associadas ao uso de corretivos influenciaram as concentrações de P, Ca, H+Al, N-NO₃⁻ e Si, refletindo na SB e V% no solo aos seis meses após a brotação da cana-de-açúcar. Entretanto, o efeito isolado da adubação nitrogenada afetou os teores de M.O., Mg, CTC e N-NH₄⁺. O uso de material corretivo promoveu, também, efeito sobre os teores de M.O. e CTC, com maiores valores de M.O. no solo com uso da escória; porém, o uso de calcário promoveu maiores valores de CTC (Tabela 1).

Aos doze meses a adubação nitrogenada, quando associada à escória ou ao calcário, afetou a concentração de M.O., P, K, Ca, Mg, H+Al e Si refletindo na SB, CTC e V%. No entanto, o efeito isolado da adubação nitrogenada ou do uso de corretivos afetou o teor N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻ no solo. Verificou-se, ainda, com uso dos

corretivos que a aplicação de escória promoveu acréscimos de 2,0 e 1,9 mg kg⁻¹ nas concentrações de N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻ respectivamente (Tabela 2).

Observou-se que os atributos químicos do solo foram influenciados pela profundidade do solo exceto o pH, Ca e a V% aos seis meses após a brotação da cana-de-açúcar (Tabela 1), bem como o pH, N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻ aos doze meses após a brotação da cana-de-açúcar (Tabela 2).

Houve melhor fertilidade do solo na camada superficial, 0-10 cm de profundidade, devido ao maior valor de M.O., P, K, Mg e N-NO₃⁻, que refletiram na SB e CTC no solo aos seis meses após a brotação da cana-de-açúcar (Tabela 1). Resultado semelhante foi constatado por Borges (2012) ao avaliar resposta da segunda soqueira da cana-de-açúcar à aplicação de nitrogênio, na presença e ausência de silício em Jaboticabal, SP, que verificou também melhor fertilidade do solo na cama de 0-10 cm de profundidade. Entretanto, aos doze meses, houve melhor fertilidade do solo nas camadas 0-10 e 10-20 cm de profundidade, devido a maior concentração de M.O., P, K, Mg e Si, que refletiram na SB e CTC (Tabela 2).

A melhor fertilidade do solo nas camadas superficiais ocorreu pelos tratos culturais (adubação, calagem, cultura plantada, sistema de cultivo) sobre o meio de cultivo (AVALHÃES, 2010).

Verificou-se maiores teores de Ca nas camadas 0-10, 10-20 e 40-60 cm; porém, as camadas 0-10 e 40-60 não diferiram da camada 20-40 cm aos doze meses após a brotação da cana-de-açúcar (Tabela 2).

Para a concentração de H+Al, a camada 20 até 60 cm apresentou maior acidez potencial; porém, a camada 20-40 cm não diferiu da camada 10-20 cm aos seis meses após a brotação da cana-de-açúcar (Tabela 1). No entanto, aos doze meses houve maior acidez potencial na camada 10 até 40 cm; porém, a camada de 20-40 cm não diferiu da camada de 0-10 cm (Tabela 2).

Houve maior valor de V% na camada de 0 até 40 cm; no entanto, as camadas 10-20 e 20-40 cm não diferiram da camada 40-60 cm aos doze meses após a brotação da cana-de-açúcar (Tabela 2).

Tabela 1. Atributos químicos do solo, em quatro profundidades, aos seis meses após a brotação da quarta soqueira da cana-de-açúcar em função de doses de nitrogênio e dois materiais corretivos, a escória e calcário, Jaboticabal – SP, 2013.

Tratamentos	pH (CaCl ₂)	M.O. g dm ⁻³	P-resina mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----						CTC	V %	---mg kg ⁻¹ ---		Si mg dm ⁻³
				K	Ca	Mg	H+Al	SB	N-NH ₄ ⁺			N-NO ₃ ⁻		
Corretivos (C)														
Calcário	4,53	17,09	11,56	1,20	13,39	6,79	37,98	21,40	59,35	36,09	19,68	15,09	6,55	
Escória	4,55	17,91	13,26	1,15	12,55	5,99	37,33	19,40	56,68	33,97	19,70	15,22	6,78	
F (C)	0,06 ^{NS}	4,41	16,81 ^{**}	0,12 ^{NS}	5,27	3,60 ^{NS}	1,43 ^{NS}	9,67	12,64	5,73	0,01 ^{NS}	0,18 ^{NS}	1,17 ^{NS}	
Doses de (N) kg ha ⁻¹														
0	4,60	17,46	10,94	1,10	11,14	4,81	32,69	16,51	50,68	31,26	14,97	11,89	5,83	
40	4,54	16,91	13,25	0,98	12,69	5,95	34,04	19,76	55,00	34,35	18,63	13,24	5,90	
80	4,31	16,54	12,53	1,48	10,11	6,59	40,04	18,39	57,44	32,33	20,15	15,48	6,57	
120	4,65	17,63	12,79	1,30	13,06	6,58	42,25	21,58	65,39	34,81	21,69	17,79	7,79	
160	4,59	18,96	12,25	1,01	17,66	8,00	39,25	25,56	61,56	42,38	22,42	16,98	7,25	
F(N)	1,63 ^{NS}	4,41	3,27	2,38 ^{NS}	50,56	6,01	45,67	22,56	46,34	19,40	156,02	48,03	12,66	
F (N) X (C)	0,04 ^{NS}	1,34 ^{NS}	4,44	0,28 ^{NS}	20,28	0,80 ^{NS}	25,01	6,63	2,41 ^{NS}	13,22	1,13 ^{NS}	6,58	6,67	
Profundidades (P) cm														
0-10	4,53	17,82A	12,40A	1,17A	12,86	6,34A	32,69C	20,40A	58,00A	35,00	19,60A	15,10A	6,91B	
10-20	5,42	16,40B	10,77B	0,84B	12,41	4,86B	34,33CB	18,10B	54,20B	33,10	18,35BA	13,63B	7,01B	
20-40	4,49	12,88C	6,47C	0,57C	11,61	4,52CB	36,81BA	16,50CB	50,80C	32,70	17,59B	13,13B	8,55A	
40-60	4,47	10,95D	5,00D	0,45C	11,43	4,07C	37,65A	16,10C	48,80C	33,15	17,43B	12,66B	8,55A	
F(P)	0,93 ^{NS}	302,79	176,32	50,89	2,62 ^{NS}	25,79	9,01	14,22	28,26	1,41 ^{NS}	5,73	7,14	20,07	
F TP x TS	1,07 ^{NS}	0,30 ^{NS}	0,70 ^{NS}	0,93 ^{NS}	0,79 ^{NS}	1,57 ^{NS}	0,91 ^{NS}	0,47 ^{NS}	0,62 ^{NS}	0,55 ^{NS}	0,16 ^{NS}	0,29 ^{NS}	0,31 ^{NS}	
CVTP%	6,4	7,1	10,5	32,9	8,8	20,9	4,5	10,1	4,1	8,0	3,3	6,5	10,2	
CVTS%	6,7	7,9	19,2	37,3	21,8	24,8	13,6	18,2	9,2	16,7	14,4	18,3	16,2	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, não difere entre si pelo teste de tukey ao nível de 5 % de probabilidade. ^{NS} não significativo e ^{**}, ^{*} significativo a 1 e 5 % de probabilidade pelo teste F. TP: tratamento principal, TS: tratamento secundário.

Tabela 2. Atributos químicos do solo, em quatro profundidades, aos doze meses após a brotação da quarta soqueira da cana-de-açúcar em função de doses de nitrogênio e dois materiais corretivos, a escória e calcário, Jaboticabal – SP, 2013.

Tratamentos	pH (CaCl ₂)	M.O. g dm ⁻³	P-resina mg dm ⁻³	K -----mmol _c dm ⁻³ -----	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V %	N-NH ₄ ⁺ ---mg kg ⁻¹ ---	N-NO ₃ ⁻	Si mg dm ⁻³
Corretivos (C)													
Calcário	4,40	17,60	16,43	1,80	10,93	4,68	42,10	18,61	60,10	30,20	10,33	8,97	12,41
Escória	4,41	18,44	13,90	1,27	13,48	6,93	39,65	21,67	61,30	34,80	12,45	10,85	13,87
F (C)	0,01 ^{NS}	33,91 ^{**}	118,16 ^{**}	34,78 ^{**}	52,55 ^{**}	45,17 ^{**}	52,58 ^{**}	43,84 ^{**}	5,70 [*]	0,77 ^{NS}	142,94 ^{**}	112,43 ^{**}	8,29 [*]
Doses de (N) kg ha ⁻¹													
0	4,44	12,25	10,50	0,80	8,94	4,44	34,50	15,05	50,30	28,48	9,04	7,74	12,07
40	4,46	20,00	17,56	1,64	11,25	5,00	38,75	18,60	57,60	35,49	10,54	9,09	12,42
80	4,34	19,50	18,25	1,60	12,25	4,94	40,12	19,12	57,70	36,33	12,00	10,45	13,40
120	4,41	18,09	14,25	1,73	15,94	8,44	41,50	25,30	69,00	40,10	13,32	11,67	14,06
160	4,36	20,25	15,25	1,90	12,63	6,38	49,50	22,63	68,90	34,84	12,06	10,61	13,76
F(N)	0,53 ^{NS}	431,76 ^{**}	140,38 ^{**}	18,28 ^{**}	41,53 ^{**}	18,46 ^{**}	211,10 ^{**}	57,96 ^{**}	190,23 ^{**}	46,26 ^{**}	68,36 ^{**}	58,65 ^{**}	29,82 ^{**}
F (N) X (C)	0,10 ^{NS}	8,26 ^{**}	110,40 ^{**}	6,31 ^{**}	15,59 ^{**}	8,34 ^{**}	71,74 ^{**}	37,37 ^{**}	27,93 ^{**}	13,32 ^{**}	1,09 ^{NS}	2,14 ^{NS}	2,54 [*]
Profundidades (P) cm													
0-10	4,40	18,02A	15,16A	1,49A	12,53BA	5,80BA	40,88CB	19,80A	60,70B	32,50A	11,39	9,91	12,95A
10-20	4,36	17,38A	14,71A	1,05B	13,59A	6,07A	45,72A	20,70A	66,40A	31,00BA	11,34	9,81	11,30B
20-40	4,35	14,26B	9,83B	0,68C	10,89B	4,82CB	43,25BA	16,40B	59,60CB	29,60BA	10,63	9,12	11,78B
40-60	4,29	12,60B	5,86C	0,52C	11,94BA	4,40C	39,84C	16,90B	56,7C	27,70B	10,75	9,19	11,85B
F(P)	1,62 ^{NS}	55,11 ^{**}	94,54 ^{**}	63,61 ^{**}	4,36 ^{**}	8,32 ^{**}	10,40 ^{**}	8,27 ^{**}	22,02 ^{**}	3,80 [*]	2,11 ^{NS}	2,43 ^{NS}	15,09 ^{**}
F TP x TS	0,67 ^{NS}	0,52 ^{NS}	0,91 ^{NS}	1,47 ^{NS}	0,85 ^{NS}	1,09 ^{NS}	0,59 ^{NS}	0,26 ^{NS}	1,32 ^{NS}	0,33 ^{NS}	0,30 ^{NS}	0,38 ^{NS}	1,07 ^{NS}
CVTP%	4,6	2,5	4,6	18,4	9,1	18,3	2,6	7,3	2,7	5,0	4,9	5,7	6,4
CVTS%	5,5	14,1	25,2	36,6	27,9	32,9	12,1	25,5	9,0	22,0	15,6	17,5	9,5

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna, não difere entre si pelo teste de tukey ao nível de 5 % de probabilidade. ^{NS} não significativo e ^{**} significativo a 1 e 5 % de probabilidade pelo teste F. TP: tratamento principal, TS: tratamento secundário.

Para a concentração de N-NH_4^+ no solo, as camadas superficiais 0-10 e 10-20 cm apresentaram maior quantidade de N-NH_4^+ ; porém, a camada 10-20 cm não diferiu das camadas subsuperficiais aos seis meses após a brotação da cana-de-açúcar (Tabela 1). Vale (2009), avaliando efeito da aplicação de nitrogênio nos atributos químicos do solo cultivado com cana-de-açúcar também verificou menor teor de N-NH_4^+ nas camadas subsuperficiais. Essa diminuição do amônio com o aumento da profundidade no solo, possivelmente ocorreu devido à menor aeração e, com isso, menor ocorrência e atividade das bactérias responsáveis pelos processos de nitrificação.

Verificou-se incremento na concentração de Si no solo nas camadas de 20-40 e 40-60 cm de profundidade, em relação às camadas superficiais aos seis meses após a brotação da cana-de-açúcar (Tabela 1). Fonseca (2011) e Borges (2012), ao estudarem a adubação nitrogenada associada à aplicação de silicato e calcário, observaram maior quantidade de Si no solo na camada de 40-60 cm de profundidade.

O maior teor de Si no solo encontrado neste trabalho nas camadas mais profundas pode ser explicado pela alta precipitação de 384 mm (Figura 1), ocorrida no período anterior à amostragem de solo, aos seis meses, promovendo a lixiviação do Si para camadas subsuperficiais. Existem indicações de que este elemento apresenta mobilidade no solo, uma vez que é encontrado na forma de ácido monossilícico, passível de lixiviação (RAIJ, 2011).

Constatou-se que a interação entre tratamento principal e secundário não afetou os atributos químicos do solo aos seis e doze após a brotação da cana-de-açúcar (Tabelas 1 e 2). Resultado semelhante foi verificado por Borges (2012).

Notou-se que a adubação nitrogenada, independentemente do material corretivo utilizado, promoveu incremento quadrático na M.O. do solo, atingindo valor máximo de 17 g dm^{-3} na dose de 60 kg ha^{-1} de N aos seis meses após a brotação da cana-de-açúcar (Tabela 4). Entretanto, aos doze meses, a associação doses de N e uso de corretivos promoveu incremento quadrático no teor de M.O. no solo, atingindo valor máximo com uso de escória e calcário de 21 e 20 g dm^{-3} de M.O., nas doses de 104 e 126 kg ha^{-1} de N respectivamente (Tabela 5).

Verificou-se que a associação entre dose de N e uso de corretivos promoveu incremento linear no teor de P no solo com uso de calcário e, quadrático com aplicação de escória, atingindo valor máximo com o uso da escória de 14 mg dm^{-3} de P na dose de 60 kg ha^{-1} de N aos seis meses após a brotação da cana-de-açúcar (Tabela 3). Aos doze meses a adubação nitrogenada, quando associada ao uso de corretivos, promoveu incremento quadrático no teor de P no solo, atingindo valor máximo com o uso de ambos os corretivos de 18 mg dm^{-3} de P na dose de 101 e 64 kg ha^{-1} de N com aplicação de escória e calcário respectivamente (Tabela 5).

Constatou-se que a interação entre dose de N e uso de corretivos promoveu incremento linear com uso de calcário e quadrático com uso da escória no teor de K no solo, atingindo valor máximo com o uso da escória de $2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K na dose de 110 kg ha^{-1} de N aos doze meses após a brotação da cana-de-açúcar (Tabela 5).

Valor inferior foi obtido por Correia (2012), que verificou teor de $0,78 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K no solo com o uso de escória e nitrogênio.

Observou-se que a adubação nitrogenada, quando associada ao uso de corretivos, promoveu incremento quadrático no teor de Ca no solo, atingindo valor máximo com uso de escória e calcário de 9 e $12 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Ca na dose de 26 e 70 kg ha^{-1} de N, respectivamente, aos seis meses após a brotação da cana-de-açúcar (Tabela 3). O menor teor de Ca no solo com uso de escória pode ser explicado pela presença de impurezas como alumínio, o que reduz sua solubilidade (ANDO et al., 1988).

Aos doze meses verificou-se que a interação entre dose de N e uso de corretivos promoveu incremento linear com uso de calcário e quadrático com uso de escória na concentração de Ca no solo, atingindo com o uso da escória teor máximo de $16 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Ca na dose de 110 kg ha^{-1} de N (Tabela 5). O incremento no teor de Ca no solo com o uso de corretivos possivelmente ocorreu pelo calcário e a escória serem fontes de cálcio, devido à composição química dos materiais (PRADO; FERNANDES, 2000).

Tabela 3. Estudo de regressão polinomial nos atributos químicos do solo aos seis meses após a brotação da quarta soqueira da cana-de-açúcar em função de doses de nitrogênio e dois materiais corretivos, a escória e calcário, Jaboticabal – SP, 2013.

Variável (y)	Calcário			Escória		
	Equação	Teste F	R ²	Equação	Teste F	R ²
P-resina	$y = 10,02 + 0,019188x$	3,89 [*]	0,90	$y = 13,26 + 0,0318x - 0,000266x^2$	3,82 [*]	0,68
Ca	$y = 14,00 - 0,0533x + 0,000381x^2$	7,41 ^{**}	0,63	$y = 9,13 - 0,0307x + 0,000588x^2$	63,43 ^{**}	0,87
H+Al	$y = 32,23 + 0,071875x$	29,03 ^{**}	0,98	$y = 30,37 + 0,2436x - 0,001305x^2$	41,94 ^{**}	0,66
SB	$y = 18,51 + 0,035750x$	5,24 ^{**}	0,93	$y = 16,59 - 0,0535x + 0,000733x^2$	23,96 ^{**}	0,84
V%	$y = 31,15 + 0,061664x$	8,60 ^{**}	0,90	$y = 34,57 - 0,1859x + 0,001487x^2$	24,03 ^{**}	0,65
NO₃⁻	$y = 10,54 + 0,1072x - 0,000419x^2$	36,11 ^{**}	0,91	$y = 12,83 + 0,0200x + 0,000073x^2$	18,50 ^{**}	0,86
Si	$y = 4,88 + 0,020854x$	18,63 ^{**}	0,81	$y = 6,42^{NS}$	NS	-

^{NS} não significativo ^{**} ^{*} significativo a 1 e 5 % de probabilidade pelo teste F.

Tabela 4. Estudo de regressão polinomial nos atributos químicos do solo aos seis meses após a brotação da quarta soqueira da cana-de-açúcar em função de doses de nitrogênio, Jaboticabal – SP, 2013.

Variável (y)	Adubação nitrogenada		
	Equação	Teste F	R ²
M.O	$y = 17,50 - 0,0280x + 0,000233x^2$	4,41 ^{**}	0,97
Mg	$y = 4,99 + 0,017500x$	6,01 ^{**}	0,92
CTC	$y = 51,58 + 0,080406x$	46,34 ^{**}	0,79
NH₄⁺	$y = 15,98 + 0,044885x$	156,02 ^{**}	0,92

^{**} significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F.

Tabela 5. Estudo de regressão polinomial nos atributos químicos do solo aos doze meses após a brotação da quarta soqueira da cana-de-açúcar em função de doses de nitrogênio e dois materiais corretivos, a escória e calcário, Jaboticabal – SP, 2013.

Variável (y)	Calcário			Escória		
	Equação	Teste F	R ²	Equação	Teste F	R ²
M.O	$y = 13,14 + 0,1066x - 0,000424x^2$	212,57 ^{***}	0,70	$y = 13,80 + 0,1365x - 0,000655x^2$	227,45 ^{***}	0,67
P-resina	$y = 16,18 + 0,0547x - 0,000430x^2$	18,74 ^{**}	0,97	$y = 6,87 + 0,2164x - 0,001071x^2$	232,03 ^{**}	0,59
K	$y = 1,30 + 0,006125x$	7,85 ^{**}	0,97	$y = 0,56 + 0,0198x - 0,000090x^2$	16,74 ^{**}	0,56
Ca	$y = 9,18 + 0,021875x$	6,371 [*]	0,92	$y = 8,36 + 0,1411x - 0,000642x^2$	50,41 ^{**}	0,62
Mg	$y = 4,33^{NS}$	NS	-	$y = 4,35 + 0,032188x$	24,75 ^{**}	0,60
H+Al	$y = 33,90 + 0,102500x$	199,88 ^{**}	0,74	$y = 37,75 - 0,0888x + 0,000938x^2$	82,95 ^{**}	0,97
SB	$y = 15,93 + 0,033438x$	10,80 ^{**}	0,77	$y = 12,81 + 0,2154 - 0,000872x^2$	84,53 ^{**}	0,66
CTC	$y = 51,60 + 0,105813x$	75,45 ^{**}	0,86	$y = 50,35 + 0,137187x$	142,71 ^{**}	0,76
V%	$y = 32,26 + 0,037828x$	10,55 ^{**}	0,71	$y = 26,13 + 0,2867x - 0,001486x^2$	49,03 ^{**}	0,78
Si	$y = 11,85^{NS}$	NS	-	$y = 11,97 + 0,0392x + 0,000129x^2$	9,87 ^{**}	0,87

^{NS} não significativo ^{**} ^{*} significativo a 1 e 5 % de probabilidade pelo teste F.

Tabela 6. Estudo de regressão polinomial nos atributos químicos do solo aos doze meses após a brotação da quarta soqueira da cana-de-açúcar em função de doses de nitrogênio, Jaboticabal – SP, 2013.

Variável (y)	Adubação nitrogenada		
	Equação	Teste F	R ²
NH₄⁺	$y = 8,82 + 0,0624x - 0,000252x^2$	68,36 ^{**}	0,93
NO₃⁻	$y = 7,54 + 0,0561x - 0,000221x^2$	58,65 ^{**}	0,94

^{**} significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

A aplicação de nitrogênio promoveu incremento linear no teor de Mg, no solo, independentemente do material corretivo utilizado, aos seis meses após a brotação da cana-de-açúcar (Tabela 4). Entretanto, aos doze meses, a associação entre dose de N e uso de corretivos promoveu incremento linear com uso de escória na concentração de Mg no solo e não houve efeito do uso de calcário sobre a concentração de Mg no solo (Tabela 5).

Constatou-se que a interação entre dose de N e uso de corretivos promoveu redução na acidez potencial do solo em relação aos valores iniciais, com ajuste linear com uso de calcário e quadrático com uso de escória, aos seis e doze meses após a brotação da cana-de-açúcar, atingindo valores máximos com o uso da escória de 42 e 36 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ de H+Al na dose de 93 e 48 kg ha^{-1} de N respectivamente (Tabelas 3 e 5). Resultado semelhante foi observado por Reis et al. (2013) que verificaram redução na acidez potencial do solo com aplicação de silicato, devido ao alto poder reativo do silicato de cálcio (ALCARDE; RODELLA, 2003).

Verificou-se que a interação entre dose de N e uso de corretivos promoveu incremento linear com uso de calcário e quadrático com uso de escória na SB aos seis e doze meses após a brotação da cana-de-açúcar atingindo valores máximos com o uso de escória de 16 e 26 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ de SB nas doses de 36 e 124 kg ha^{-1} de N respectivamente (Tabelas 3 e 5). O aumento da SB no solo com aplicação dos corretivos, em relação aos valores iniciais, é reflexo do aumento dos teores de Ca, Mg e K no solo.

A adubação nitrogenada promoveu incremento linear na CTC do solo, independentemente do material corretivo utilizado aos seis meses após a brotação da cana-de-açúcar (Tabela 4). O mesmo ocorre aos doze meses, sendo que a associação entre dose de N e uso de corretivos promoveu incremento linear na CTC do solo com uso de escória e calcário (Tabela 5).

A interação entre dose de N e uso de corretivos promoveu incremento linear com uso de calcário e quadrático com uso de escória na saturação por bases aos seis e doze meses após a brotação da cana-de-açúcar, atingindo valores máximos com o uso de escória de 29 e 40 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ de V% na dose de 37 e 96 kg ha^{-1} de N respectivamente (Tabelas 3 e 5). Fonseca (2011) estudando o efeito da adubação

nitrogenada e o uso de corretivos nos atributos químicos do solo também observou que aplicação de escória e do calcário não foi possível para aumentar a saturação de base a 60%. Esse resultado pode ser atribuído ao tempo relativamente curto para a reação máxima dos corretivos, já que, na literatura, esse efeito no campo ocorre próximo aos 12-16 meses após a aplicação (PRADO; FERNANDES 2000).

A aplicação de nitrogênio promoveu incremento linear no teor de N-NH_4^+ no solo aos seis meses e quadrático aos doze meses após a brotação da cana-de-açúcar, independentemente do material corretivo utilizado, atingindo valor máximo de 13 mg kg^{-1} de N-NH_4^+ na dose de 124 kg ha^{-1} de N (Tabelas 4 e 6). Correia (2012), estudando o efeito da adubação nitrogenada na cana-de-açúcar em Matão, SP, observou ajuste linear no teor de N-NH_4^+ no solo com aplicação de N aos seis e doze meses após a brotação da cana-de-açúcar. A resposta da cana-de-açúcar à aplicação de N possivelmente ocorreu pelo baixo teor de $0,3 \text{ mg kg}^{-1}$ de N-NH_4^+ no solo, após o corte da terceira soqueira.

Observou-se que a adubação nitrogenada, quando associada ao uso de corretivos, promoveu incremento quadrático no teor de N-NO_3^- no solo aos seis meses após a brotação da cana-de-açúcar, atingindo valor máximo com uso de ambos os corretivos de 17 mg kg^{-1} de N-NO_3^- na dose de 137 e 128 kg ha^{-1} de N, com aplicação de escória e calcário respectivamente (Tabela 3).

Aos doze meses, independentemente do material corretivo utilizado, a adubação nitrogenada promoveu acréscimo no teor de N-NO_3^- no solo, atingindo valor máximo de 11 mg kg^{-1} de N-NO_3^- na dose de 127 kg ha^{-1} de N (Tabela 6). Esse valor é superior ao teor de N-NO_3^- no solo verificado por Fonseca (2011), aos doze meses após a brotação.

Verificou-se que a associação entre dose de N e uso de calcário promoveu incremento linear na concentração de Si no solo; no entanto, não houve efeito do uso de escória aos seis meses após a brotação da cana-de-açúcar (Tabela 3). Aos doze meses, porém, a associação entre dose de N e uso de escória promoveu incremento quadrático no teor de Si no solo, atingindo ponto máximo de 15 mg dm^{-3} de Si com a aplicação de 152 kg ha^{-1} de N. Porém não houve efeito da aplicação de calcário sobre a concentração de Si no solo (Tabela 5).

Avalhães (2010), ao trabalhar com escória de siderurgia em cana-planta em Jaboticabal-SP, observou ajuste linear com aplicação de escória e não verificou efeito da aplicação de calcário no teor de Si no solo.

Verificou-se que à associação entre doses de N e uso de corretivos promoveu efeito benéfico no crescimento da cana-de-açúcar em todos os parâmetros avaliados, aos quatro, nove e doze meses após a brotação da cana-de-açúcar (Tabela 7). Fonseca (2011) e Borges (2012), no mesmo experimento em cana-planta, primeira e segunda soqueiras, respectivamente, ao estudarem a adubação nitrogenada associada à aplicação de escória e calcário não verificaram efeito da interação para todas as variáveis de crescimento estudadas. Essa diferença entre resultados na mesma área de estudo pode ser justificada pelos ciclos de produção diferentes.

A interação entre doses de N e uso de corretivos promoveu incremento quadrático na altura das plantas aos quatro, nove e doze meses após a brotação da cana-de-açúcar, atingindo valores máximos com a aplicação de escória e calcário de 37 e 38 cm na dose de 91 e 80 kg ha⁻¹ de N; 214 e 213 cm na dose de 88 e 86 kg ha⁻¹ de N e, 291 e 293 cm na dose de 72 e 86 kg ha⁻¹ de N respectivamente (Figuras 2 A, B e C).

A adubação nitrogenada, quando associada ao uso de escória e calcário, promoveu incremento quadrático no número de perfilhos por 1,5 m aos quatro meses, no número de colmos por 1,5 m aos nove e doze meses após a brotação da cana-de-açúcar, atingindo valor máximo com uso de ambos os corretivos de 60 perfilhos por 1,5 m na dose de 85 e 94 kg ha⁻¹ de N; 33 colmos por 1,5 m quando aplicado 81 kg ha⁻¹ de N com uso de ambos corretivos e 20 e 19 colmos quando aplicado 88 e 76 kg ha⁻¹ de N respectivamente (Figuras 2 D, E e F).

Em relação ao número de colmos por 1,5 m aos doze meses, resultado semelhante foi constatado por Borges (2012), que também observou maior número de colmos por 1,5 m com a associação entre nitrogênio e silício. Esse resultado pode ser justificado devido a associação desses dois elementos promover aumento na produção de colmos industrializáveis (FONSECA, 2011).

Tabela 7. Crescimento aos quatro, nove e doze meses após a brotação da quarta soqueira da cana-de-açúcar em função de doses de nitrogênio e dois materiais corretivos, a escória e calcário, Jaboticabal – SP, 2013.

Tratamentos	4 meses			9 meses			12 meses		
	Altura	Número de perfilhos	Diâmetro dos perfilhos	Altura	Número de colmos	Diâmetro dos colmos	Altura	Número de colmos	Diâmetro dos colmos
Corretivos (C)	cm		mm	cm		mm	cm		mm
Calcário	35,22	43,00	17,83	204,65	28,00	30,02	265,65	17,00	29,43
Escória	35,04	46,00	17,31	202,13	29,00	30,09	273,25	18,00	28,37
F (C)	0,14 ^{NS}	42,47 ^{**}	4,36 [*]	5,50 [*]	12,20 ^{**}	0,17 ^{NS}	5,92 [*]	1,18 ^{NS}	17,11 ^{**}
Doses de (N)									
kg ha ⁻¹									
0	32,02	23,00	15,61	192,33	23,00	28,65	243,75	16,00	26,69
40	36,42	50,00	17,38	202,92	29,00	30,79	286,47	18,00	31,28
80	36,11	56,00	19,33	209,53	31,00	30,95	295,09	19,00	31,86
120	38,62	59,00	20,01	218,56	29,00	30,59	269,74	20,00	28,04
160	32,45	35,00	15,44	193,59	28,00	29,29	252,21	15,00	26,62
F(N)	27,05 [*]	617,88 [*]	57,50 ^{**}	84,03 [*]	93,48 [*]	24,98 [*]	39,07 [*]	43,63 ^{**}	77,67 [*]
F (N) X (C)	4,59 ^{**}	31,47 ^{**}	13,92 ^{**}	6,50 ^{**}	79,34 ^{**}	5,36 ^{**}	8,18 ^{**}	14,53 ^{**}	2,86 [*]
CV%	8,7	3,8	9,0	3,4	3,1	3,9	7,3	5,0	5,6

^{NS} não significativo e ^{**}, ^{*} significativo a 1e 5 % de probabilidade pelo teste F.

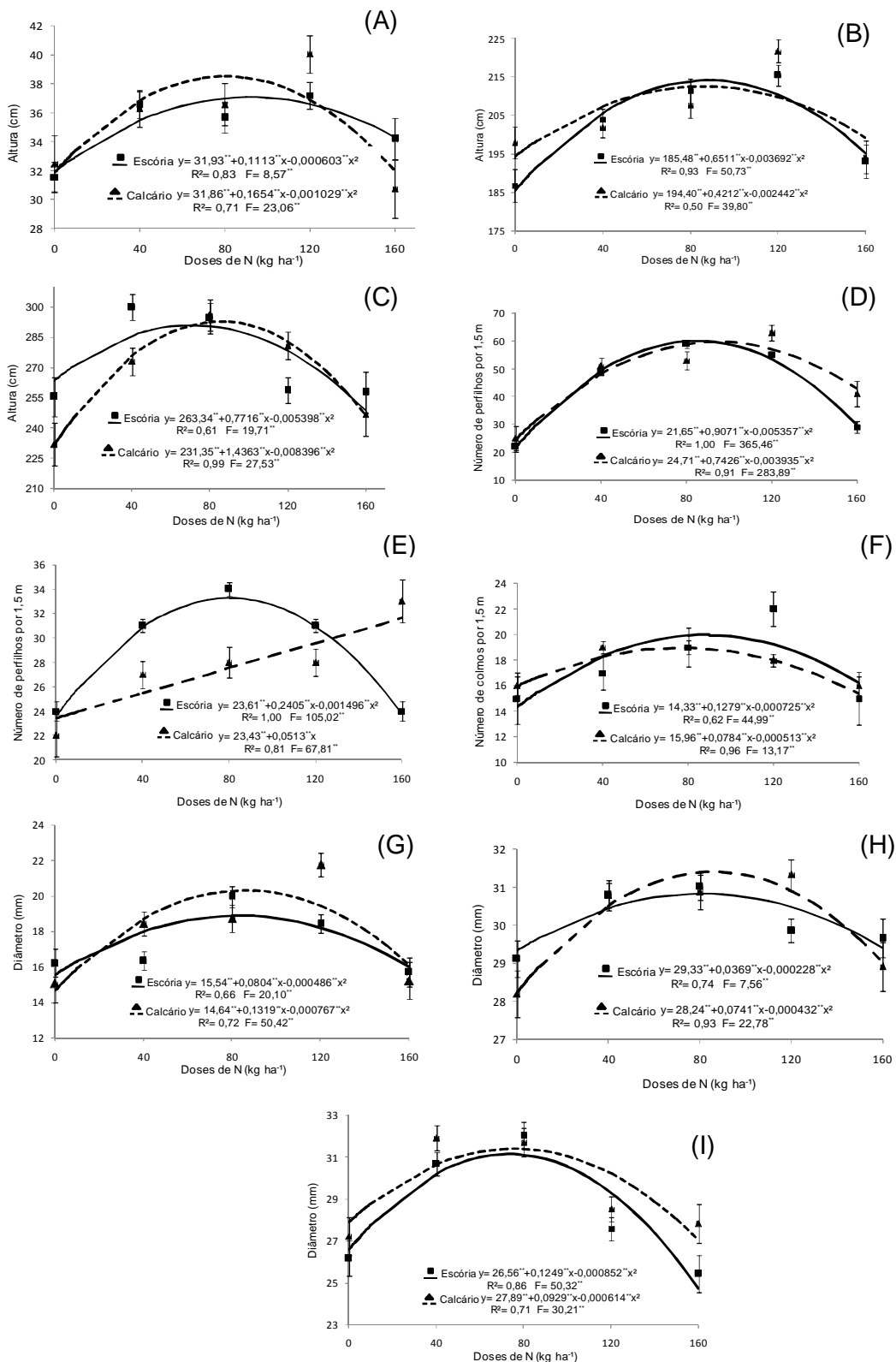


Figura 2. Altura das plantas aos quatro (A), nove (B) e doze (C) meses; número de perfilho por 1,5 m aos quatro meses (D), número de colmo por 1,5 m aos nove (E) e doze (F) meses e diâmetro de perfilho aos quatro meses (G), diâmetro do colmo aos nove (H) e doze (I) meses após a brotação da quarta soqueira da cana-de-açúcar em função de doses de nitrogênio e dois materiais corretivos, a escória e calcário, Jaboticabal – SP, 2013.

A interação entre doses de N e uso de escória e calcário, promoveu incremento quadrático no diâmetro de perfilho aos quatro meses, diâmetro do colmo aos nove e doze meses após a brotação da cana-de-açúcar, atingindo valores máximos com aplicação de escória e calcário de 19 e 20 mm na dose de 82 e 86 kg ha⁻¹ de N; 31 mm com uso de ambos os corretivos na dose de 81 e 86 kg ha⁻¹ de N e 31 mm com uso de ambos corretivos na dose de 73 e 76 kg ha⁻¹ de N respectivamente (Figuras 2 G, H e I). Menores valores de diâmetro do colmo foram relatados por Borges (2012), no mesmo experimento na segunda soqueira.

Constatou-se que a interação entre dose de N e uso de corretivos afetou de forma benéfica o estado nutricional da cana-de-açúcar, exceto o teor de P, K, S e Cu. No entanto, verificou-se efeito isolado da adubação nitrogenada no teor de Zn (Tabela 8).

Os teores médios dos nutrientes obtidos neste trabalho apresentaram-se adequados (Tabela 8), a exceção do K, S e Cu que foram inferiores à faixa recomendada por Raij e Cantarella (1997): N= 18-25; P = 1,5-3; K = 10-16; Ca = 2,0-8,0; Mg = 1,0-3,0; S = 1,5-3,0 g kg⁻¹ e B=10-30; Cu=6-15; Fe=40-250; Mn=25-250 e Zn=10-50 mg kg⁻¹. Em relação ao teor de Si, verificou-se valor abaixo do considerado adequado (15-40 g kg⁻¹) por Anderson e Bowen (1990) no estado da Flórida, nos Estados Unidos. Borges (2012) e Fonseca (2011) também verificaram que os teores de S e Si foliar ficaram abaixo do considerado adequado por Raij e Cantarella (1997); Anderson e Bowen (1990) respectivamente.

As doses de N associadas ao uso de escória e calcário promoveram incremento quadrático no teor de N foliar, atingindo ponto máximo com uso de escória e calcário de 22 e 21 g kg⁻¹ de N, respectivamente na dose 110 kg ha⁻¹ de N com uso de ambos os corretivos (Figura 3A). Os teores foliares de N encontrados no trabalho apresentaram valores superiores aos observados por Fonseca (2011) no mesmo experimento em cana-planta; o menor teor foliar de N encontrado por esse autor ocorreu, possivelmente, pela baixa resposta da cana-planta à adubação nitrogenada (ORLANDO FILHO, 1994).

Tabela 8. Estado nutricional da quarta soqueira da cana-de-açúcar, em função de doses de nitrogênio e dois materiais corretivos, a escória e calcário, Jaboticabal – SP, 2013.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Si
	-----g kg ⁻¹ -----						-----mg kg ⁻¹ -----					g kg ⁻¹
Corretivos (C)												
Calcário	19,99	1,66	9,16	4,11	1,44	0,86	15,08	5,45	62,12	75,38	24,00	5,12
Escória	18,28	1,65	9,39	3,93	1,42	0,88	13,41	5,30	63,70	83,94	23,66	5,54
F (C)	10,79**	0,02 ^{NS}	0,66 ^{NS}	6,93*	0,19 ^{NS}	0,12 ^{NS}	29,25**	0,87 ^{NS}	17,36**	490,07**	1,40 ^{NS}	46,22**
	Doses de (N)											
kg ha ⁻¹												
0	14,06	1,63	9,51	3,50	1,41	0,90	11,48	5,38	59,63	75,59	24,28	4,23
40	19,81	1,68	9,21	3,79	1,48	0,83	14,81	5,38	61,25	80,00	23,84	5,16
80	20,67	1,67	9,17	4,26	1,53	0,83	15,27	5,38	63,75	86,00	23,15	5,65
120	20,73	1,62	9,63	4,59	1,36	0,89	14,61	5,38	64,66	81,19	23,00	6,18
160	20,44	1,66	8,85	3,95	1,36	0,92	15,05	5,38	65,25	75,50	24,88	5,41
F(N)	24,22**	0,51 ^{NS}	0,93 ^{NS}	28,74**	3,53*	0,66 ^{NS}	20,56**	0,00 ^{NS}	31,51**	102,38**	6,07**	108,59**
F (N) X (C)	5,06**	1,29 ^{NS}	0,72 ^{NS}	6,94**	3,16*	1,28 ^{NS}	7,02**	1,36 ^{NS}	4,39**	120,22**	2,27 ^{NS}	4,77**
CV%	8,6	5,8	9,7	5,5	7,5	16,7	6,9	9,5	1,9	1,5	3,8	3,7

^{NS} não significativo e **,* Significativo a 1 e 5 % de probabilidade pelo teste F.

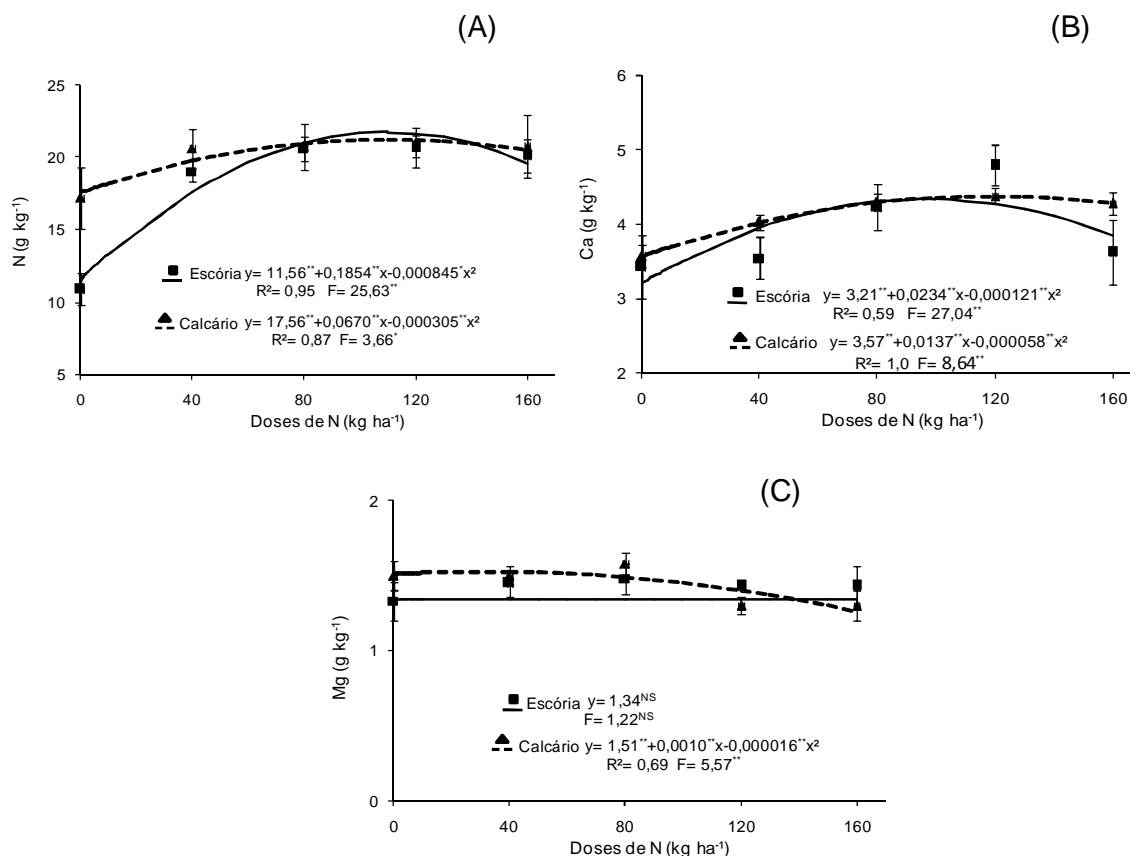


Figura 3. Teor foliar de nitrogênio (A), cálcio (B) e magnésio (C) da quarta soqueira da cana-de-açúcar em função de doses de nitrogênio e dois materiais corretivos, a escória e calcário, Jaboticabal – SP, 2013.

Verificou-se que a interação entre dose de N e uso de corretivos promoveu incremento quadrático no teor de Ca foliar, atingindo valor máximo com uso de escória e calcário de 4,3 e 4,4 g kg⁻¹ de Ca na dose de 97 e 118 kg ha⁻¹ de N respectivamente (Figura 3B).

Constatou-se que a associação entre dose de N e uso de corretivos promoveu incremento quadrático no teor de Mg foliar, atingindo valor máximo com o uso do calcário de 1,5 g kg⁻¹ na dose de 31 kg ha⁻¹ de N; entretanto, não houve efeito da aplicação de escória (Figura 3C). A falta de resposta da cultura à aplicação de escória, possivelmente ocorreu pela reação lenta desse corretivo comparado ao calcário o que não refletiu no teor de Mg foliar (PRADO; FERNANDES, 2000).

Observou-se que a adubação nitrogenada quando associada ao uso de corretivos, promoveu incremento quadrático no teor de B foliar, atingindo valor

máximo com uso de escória de 15,3 g kg⁻¹ de B na dose de 106 kg ha⁻¹ de N; entretanto, não houve efeito do uso de calcário (Figura 4A). Resultado semelhante foi constatado por Fonseca (2011).

Constatou-se que a associação entre dose de N e uso de corretivos promoveu incremento linear no teor de Fe foliar (Figura 4B). Fonseca (2011) observou ajuste linear com aplicação de escória e não verificou efeito do uso de calcário no teor foliar de Fe. O resultado obtido pelo autor pode ser explicado pelo fornecimento de Fe juntamente com a adição da escória, visto que o produto tem em sua composição: 261,8 g kg⁻¹ de Fe.

As doses de N associadas ao uso de escória e calcário promoveram incremento quadrático no teor de Mn foliar, atingindo ponto máximo com o uso de escória e calcário de 89 e 80 mg kg⁻¹ de Mn na dose 66 e 100 kg ha⁻¹ de N respectivamente (Figura 4C). Almeida (2011), estudando o efeito de fontes e doses de escória e calcário em Jaboticabal-SP, verificou que o teor foliar de Mn foi superior ao encontrado neste trabalho de 99,76 mg kg⁻¹ de Mn com uso de escória.

O maior teor de Mn foliar com a aplicação de escória pode ser explicado pelo fornecimento de Mn juntamente com a adição da escória, visto que o corretivo tem em sua composição: 24,7 g kg⁻¹ de Mn e pode ter incrementado a concentração de Mn nas folhas.

Observou-se que a interação entre dose de N e uso de corretivos promoveu incremento quadrático no teor de Si foliar, atingindo valor máximo com uso de escória e calcário de 6,11 e 5,75 g kg⁻¹ de Si na dose 119 e 100 kg ha⁻¹ de N respectivamente (Figura 4D). Anderson e Bowen (1992) consideraram que, as concentrações foliares de Si tidas como adequadas para a obtenção de boas produtividades no cultivo da cana-de-açúcar são aquelas superiores a 10 g kg⁻¹ matéria seca na folha +1.

A aplicação de nitrogênio promoveu ajuste quadrático decrescente no teor de Zn foliar, independentemente do material corretivo utilizado, atingindo valor máximo de 23 g kg⁻¹ de Zn na dose de 78 kg ha⁻¹ de N (Figura 5). Observou-se incremento no teor de Zn no solo com aplicação de 160 kg ha⁻¹ de N. Malavolta e Moraes (2007) relatam que a presença de N pode proporcionar aumento na absorção de Zn. Isso

ocorreu devido à acidificação do solo com aplicação de N e consequentemente maior disponibilidade de Zn no solo.

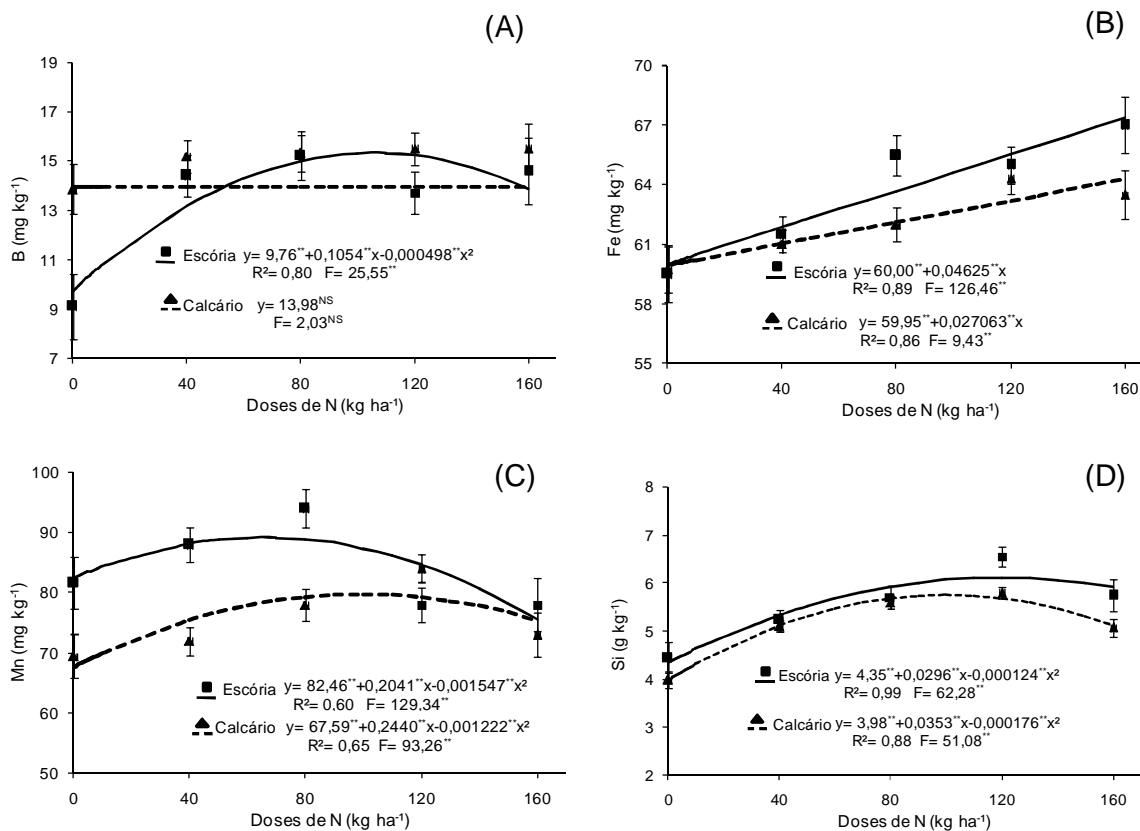


Figura 4. Teor foliar de boro (A), ferro (B), manganês (C) e silício (D) da quarta soqueira da cana-de-açúcar em função de doses de nitrogênio e dois materiais corretivos, a escória e calcário, Jaboticabal – SP, 2013.

Observou-se que a interação entre doses de N e uso de corretivos influenciou a produção de matéria seca da folha e colmo, o acúmulo de N e Si na folha e colmo e a produção de colmos (Tabela 9). Resultado semelhante para a produção de matéria seca e acúmulo de N e Si na folha e acúmulo de Si no colmo foi observado por Borges (2012).

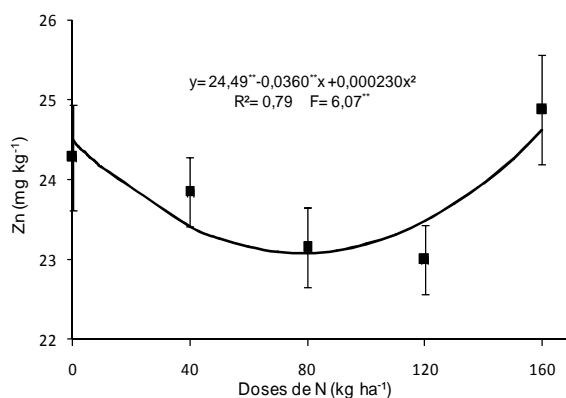


Figura 5. Teor foliar de zinco da quarta soqueira da cana-de-açúcar em função de doses de nitrogênio, Jaboticabal – SP, 2013.

Tabela 9. Produção de matéria seca e acúmulo de N e Si na folha e colmo e a produção de colmos da quarta soqueira da cana-de-açúcar em função de doses de nitrogênio e dois materiais corretivos, a escória e calcário, Jaboticabal – SP, 2013.

Tratamentos	Matéria seca		Acúmulo folhas		Acúmulo colmos		Produção de colmos
	Folha	Colmo	N	Si	N	Si	
	t ha ⁻¹		kg ha ⁻¹				t ha ⁻¹
Corretivos (C)							
Calcário	35,44	27,05	228,53	141,91	88,81	79,23	104,60
Escória	23,02	21,86	155,77	152,42	63,15	86,86	84,33
F (C)	900,56**	131,85**	4629,39**	688,01**	1969,69**	411,35**	251,54**
Doses de (N)							
kg ha ⁻¹							
0	17,37	14,70	83,50	140,31	37,78	75,26	52,44
40	34,24	25,93	202,80	145,91	77,10	79,21	106,72
80	36,37	28,72	251,43	154,41	98,24	83,99	113,87
120	32,35	28,63	230,58	176,69	94,40	91,24	108,87
160	25,82	24,28	192,44	118,50	72,39	85,53	90,42
F(N)	277,88**	130,28**	2956,95**	2235,80**	1380,57**	211,56**	308,23**
F (N) X (C)	178,11**	22,17**	820,10**	1709,44**	107,58**	10,01**	48,77**

**significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F.

Quanto à produção de colmos, Reis et al. (2013), em Dourados-MS, verificaram incremento na produção de colmo da cana-de-açúcar em resposta ao uso de corretivos. Castro et al. (2014), estudando adubação nitrogenada na cana-de-açúcar na região de Sales Oliveira-SP, utilizando a variedade SP 81-3250, observaram maior produção de colmos na dose de 144 kg ha⁻¹ de N.

A interação entre dose de N e uso de escória e calcário promoveu incremento linear na produção de matéria seca da folha e quadrático na produção de matéria seca do colmo (Figuras 6A e B), atingindo valores máximos com a aplicação de escória e calcário de 27 e 32 t ha⁻¹ na dose de 102 e 94 kg ha⁻¹ respectivamente na produção de matéria seca do colmo (Figura 6B). Borges (2012) verificou para produção de matéria seca do colmo com aplicação de escória e calcário, doses máximas semelhantes à obtida neste trabalho 102,5 e 95 kg ha⁻¹ de N respectivamente. A maior produção de matéria seca do colmo observada no trabalho com uso de calcário provavelmente ocorreu pela maior absorção de N pela planta com uso desse corretivo (Figuras 7A e C).

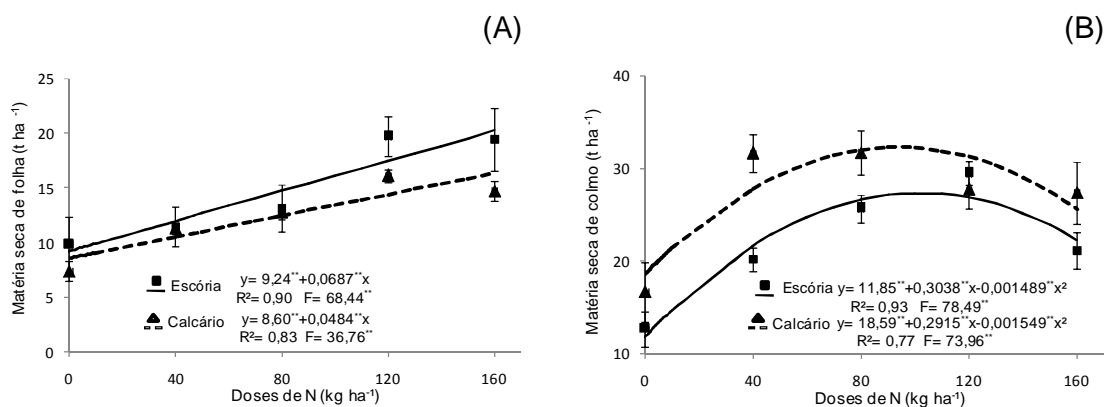


Figura 6. Matéria seca da folha (A), colmo (B) da quarta soqueira da cana-de-açúcar em função de doses de nitrogênio e dois materiais corretivos, a escória e calcário, Jaboticabal – SP, 2013.

A associação entre doses de N e uso de escória e calcário proporcionou incremento quadrático no acúmulo de N na folha, atingindo ponto máximo com uso de escória e calcário de 201 e 308 kg ha⁻¹ de N na dose de 113 e 91 kg ha⁻¹ de N respectivamente (Figura 7A). O resultado observado por Borges (2012) discorda do obtido neste trabalho, que verificou maior acúmulo de N com o uso de silicato associado com doses de N; possivelmente essa diferença entre os trabalhos ocorreu em função do ciclo de produção diferente.

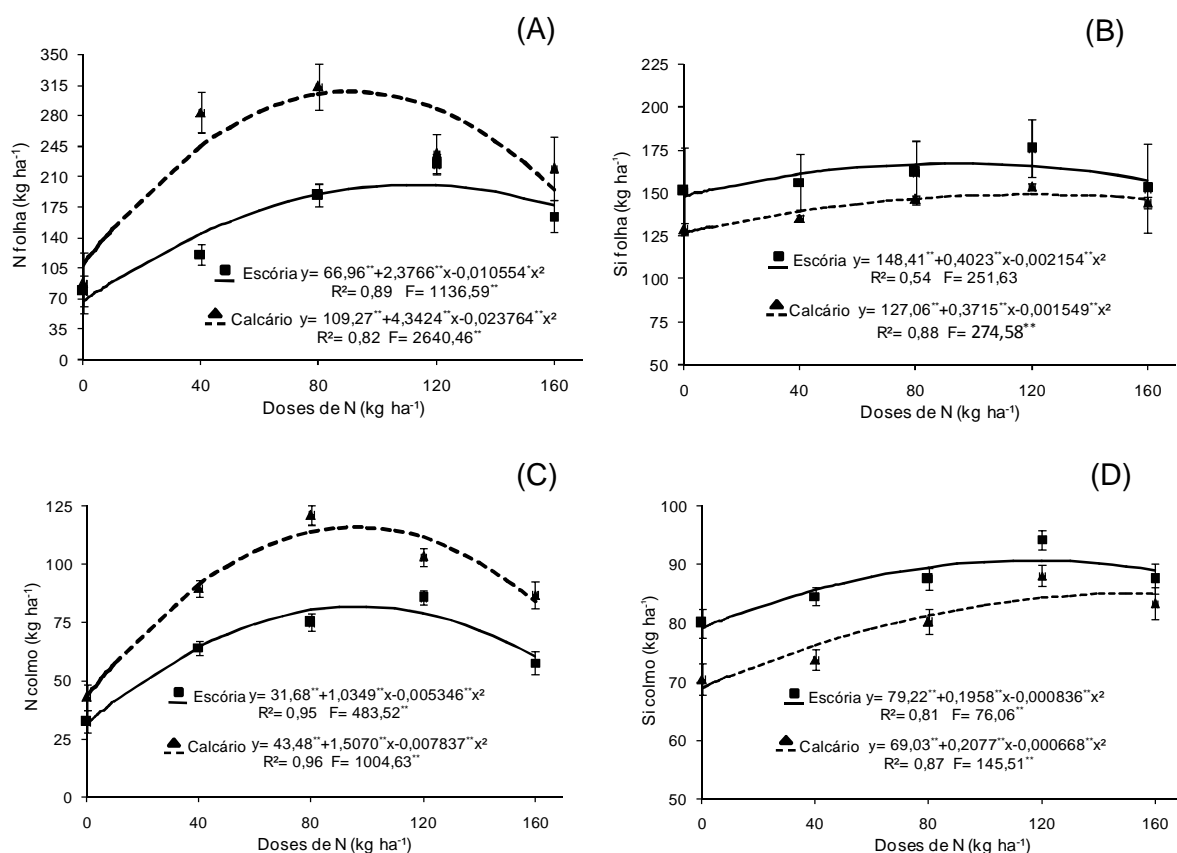


Figura 7. Acúmulo de nitrogênio (A) e silício (B) na folha e acúmulo de nitrogênio (C) e silício (D) no colmo da quarta soqueira da cana-de-açúcar em função de doses de nitrogênio e dois materiais corretivos, a escória e calcário, Jaboticabal – SP, 2013.

Verificou-se que a interação entre dose de N e uso de corretivos promoveu incremento quadrático no acúmulo de Si na folha, atingindo ponto máximo com o uso de escória e calcário de 167 e 149 kg ha⁻¹ de Si, quando aplicado 93 e 120 kg ha⁻¹ de N respectivamente (Figura 7B). Resultado semelhante foi verificado por Anderson (1991) e Raid et al. (1992) que observaram que a aplicação de silicato incrementou a absorção de Si em plantas de cana-de-açúcar. O incremento no teor de Si na folha possivelmente ocorreu pelo incremento no teor de Si no solo proveniente do uso de escória.

As doses de N, quando associadas ao uso de corretivos, promoveram incremento quadrático no acúmulo de N no colmo atingindo valor máximo com uso de escória e calcário de 82 e 116 kg ha⁻¹ de N na dose de 97 e 96 kg ha⁻¹ de N

respectivamente (Figura 7C). Esse resultado discorda do obtido por Fonseca (2011) que observou maior acúmulo de N com a aplicação de escória.

A interação entre doses de N e uso de escória e calcário promoveu incremento quadrático no acúmulo de Si no colmo, atingindo ponto máximo quando aplicado escória e calcário de 91 e 84 kg ha⁻¹ de Si na dose de 117 e 155 kg ha⁻¹ de N respectivamente (Figura 7D). Valor superior foi observado por Fonseca (2011) que obteve 96,4 kg ha⁻¹ de Si com o uso dos corretivos, o maior acúmulo de Si no colmo observado pelo autor pode ser explicado pela aplicação 2,61 t ha⁻¹ de silicato de Ca e Mg; entretanto, neste trabalho utilizou-se apenas 0,9 t ha⁻¹ de silicato de Ca e Mg devido à aplicação do material ser superficial, sem incorporação.

A interação entre doses de N e uso de corretivos promoveu incremento quadrático na produção de colmo, atingindo ponto máximo com o uso de escória e calcário de 107 e 129 t ha⁻¹ na dose de 96 e 92 kg ha⁻¹ de N respectivamente (Figura 8). Resultado semelhante foi constatado por Rosseto et al. (2004) ao avaliar a resposta da cana-de-açúcar ao uso de corretivos no estado de São Paulo que verificaram resposta na produção de colmo com o uso de calcário. Resultado contraditório ao trabalho foi relatado por Fonseca (2011) e Borges (2012) que verificaram incremento na produção de colmos com a aplicação de escória, devido ao efeito positivo da escória na nutrição da cana-de-açúcar, fato não verificado no trabalho.

A ausência de efeito benéfico no aumento da produção de colmo observada com o uso de escória pode ser explicada pela soma de dois eventos, a maior absorção de N pela planta com uso de calcário (Figuras 7A e C), o que também explica a maior produção obtida com esse corretivo, devido o nitrogênio promove efeito positivo na produção de colmos (VIEIRA et al., 2010). Outra hipótese seria a ausência de estresse ao longo do ciclo da cultura, já que não houve registro de limitações hídricas (Figura 1) e nem de ocorrência de pragas ou doenças; como o Si é considerado um elemento benéfico, seu efeito na cultura apenas é verificado em condições de estresse (MARSCHNER, 1986).

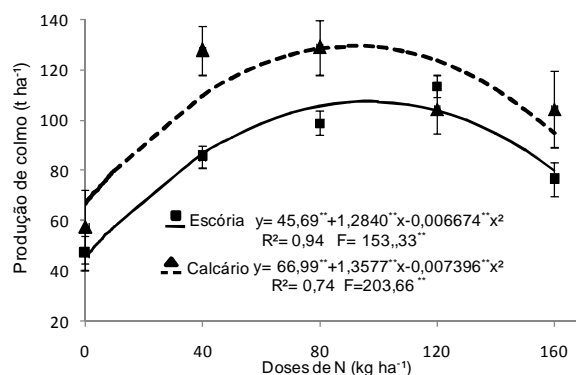


Figura 8. Produção de colmo da quarta soqueira da cana-de-açúcar em função de doses de nitrogênio e dois materiais corretivos, a escória e calcário, Jaboticabal – SP, 2013.

A adubação nitrogenada, quando associada ao uso de corretivos, não afetou a qualidade tecnológica do colmo, com exceção do ATR (Tabela 10). Os resultados de qualidade tecnológica são considerados adequados, de acordo com Ripoli e Ripoli (2004). Resultado semelhante foi observado por Fonseca (2011) e Borges (2012) que não observaram efeito da interação entre doses de N e uso de corretivos para as variáveis estudadas.

Tabela 10. Qualidade tecnológica da quarta soqueira da cana-de-açúcar em função de doses de nitrogênio e dois materiais corretivos, a escória e calcário, Jaboticabal – SP, 2013.

Tratamentos	°Brix	POL	Pureza	PC	Fibra	ATR
	----- % -----					kg ha ⁻¹
Corretivos (C)						
Calcário	20,64	18,83	91,21	16,35	10,54	161,53
Escória	20,59	18,74	91,00	16,27	10,53	160,88
F (C)	0,07 ^{NS}	0,08 ^{NS}	0,73 ^{NS}	0,20 ^{NS}	0,01 ^{NS}	0,17 ^{NS}
Doses de (N)						
kg ha ⁻¹						
0	20,35	18,52	90,96	16,11	10,43	159,29
40	20,51	18,71	91,17	16,24	10,58	160,45
80	20,98	19,16	91,30	16,66	10,48	164,47
120	20,51	18,62	90,73	16,16	10,58	159,82
160	20,70	18,92	91,37	16,40	10,64	161,99
F(N)	1,31 ^{NS}	1,25 ^{NS}	0,95 ^{NS}	1,40 ^{NS}	0,38 ^{NS}	1,40 ^{NS}
F (N) X (C)	2,40 ^{NS}	2,07 ^{NS}	0,84 ^{NS}	2,65 ^{NS}	0,99 ^{NS}	2,71 [*]
CV%	2,9	3,5	0,8	3,3	3,6	3,1

^{NS} não significativo e ^{*} significativo a 5 % de probabilidade pelo teste F. °Brix: açúcares redutores totais, Pol: teor de sacarose, PC: quantidade de açúcar contida nos colmos e ATR: açúcar teórico recuperável.

Verificou-se que a interação entre dose de N e uso de corretivos promoveu incremento linear na produção de ATR com uso de escória; entretanto, não houve efeito do uso do calcário (Figura 9). Matichenkov e Calvert (2002) constataram aumento na concentração de açúcar na cultura da cana-de-açúcar com uso de escória.

De acordo com Malavolta e Moraes (2007), a adubação nitrogenada normalmente está associada ao maior crescimento vegetativo, o que determina plantas com maior teor de umidade, porém, com prejuízos no acúmulo de sacarose. Outros autores também constataram os efeitos deletérios da adubação nitrogenada, sobretudo com a aplicação de doses elevadas no acúmulo de ATR (FRANCO et al., 2008). Este resultado indica que a presença do Si em situações de excesso de nitrogênio atua como elemento benéfico, reduzindo os efeitos prejudiciais (BASTO et al., 2010).

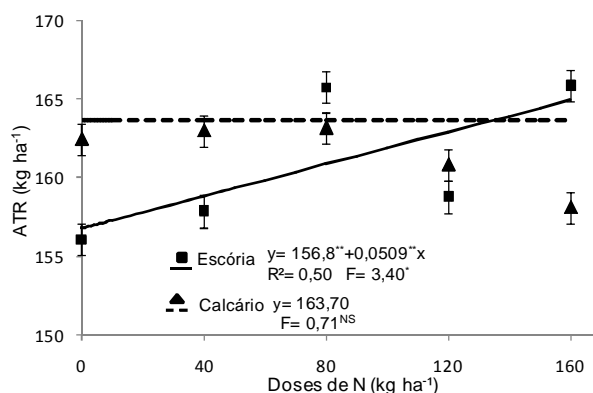


Figura 9. Açúcar teórico recuperável da quarta soqueira da cana-de-açúcar em função de doses de nitrogênio e dois materiais corretivos, a escória e calcário, Jaboticabal – SP, 2013.

5. CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada associada ao uso de escória apresentou comportamento semelhante ao calcário na melhoria dos atributos químicos do solo.

Houve melhor fertilidade do solo nas camadas superficiais; entretanto, a interação tratamento principal (cinco doses de N e dois materiais corretivos a escória

e calcário) e secundário (quatro camadas do solo 0-10; 10-20; 20-40 e 40-60 cm) não influenciou nos atributos químicos do solo.

A interação entre doses de N e uso de escória e calcário promoveu melhorias no estado nutricional e aumentou o acúmulo de N e Si na cana-de-açúcar.

A adubação nitrogenada, associada ao uso de corretivos, promoveu melhorias nas variáveis de crescimento da cana-de-açúcar.

Houve menor produção de colmo com o uso de escória, em relação ao uso de calcário.

A interação entre doses de N e uso de escória ou calcário não afetou a qualidade tecnológica da cana-de-açúcar.

6. REFERÊNCIAS

ANDO, J.; OWA, N.; ASANO, M. Studies on structure, solubility, and agronomic response of industrial slag. Effects of alumina on solubility and agronomic response of slags. **Japan Journal Soil Science Plant Nutrition**, v. 59, p. 27-32, 1988.

ALCARDE, J. A.; RODELLA, A. A. Qualidade e legislação de fertilizantes e corretivos. In: CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M. de; LOPES, A. S. e ALVARES, V. V. H. **Tópicos em Ciência do Solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003, p. 291-334.

ALMEIDA, T. B. F. **Efeito residual do calcário e da escória de siderurgia na primeira soqueira da cultura da cana-de-açúcar**. 2011. 74 f. Dissertação (Mestrado em produção vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2011.

ANDERSON, D. L. **Soil and leaf nutrient interaction following application of calcium silicate slag to sugarcane**. Fertilizer Research, p. 9-18, 1991.

ANDERSON, D. L.; BOWEN, J. E. **Nutrição da cana-de-açúcar**. Piracicaba: Potafós, 1992, p. 40.

ANDERSON, D. L.; BOWEN, J. E. **Sugarcane nutrition**. Atlanta: Potash and Phosphate Institute, 1990, p. 39.

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, 1999, p. 32.

ANON. Sugarcane production handbook. LSU Ag.Center, Louisiana State University, 2001. Disponível em: <<http://www.agctr.lsu.edu/NR/rdonlyres/807E6478-E556-44A8-844016A2CC4BFD4C/3272/pub2859sugarcane4.PDF>>.

AVALHÃES, C. C. **Escória de siderurgia na cultura da cana planta: Efeitos no solo, na nutrição e na produtividade**. 2010. 109 f. Dissertação (Mestrado em ciência do solo) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.

BASTO, J. C. H. A. G.; CAZETTA J. J. O.; Prado, R. M. Materiais corretivos e nitrogênio na nutrição e na produção de matéria seca de cana-de-açúcar cultivada em vaso. **Interciencia**, v. 35, n. 1, p. 55-58, 2010.

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

BORGES, B. M. M. N. **Resposta da segunda soqueira da cana-de-açúcar à aplicação de nitrogênio na presença e ausência de silício**. 2012. 56 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) – Faculdade de Ciências Agrária e Veterinária Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2012.

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

CASTRO, S. G. Q.; FRANCO, H. C. J.; MUTTON, M. A. Harvest managements and cultural practices in sugar cane. **R. Bras. Ci. Solo**. v. 38, p. 299-306, 2014.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar**, segundo levantamento, Abril/2014 - Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília: CONAB, 2014.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar**, segundo levantamento, Abril/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**. Piracicaba: CONSECANA-SP, 2006.112p, 2006.

CORREIA, M. A. R. **Nitrogênio em soqueiras de cana-de-açúcar cultivada em sistema conservacionista**. 2012. 85 f. Tese (Doutorado em produção vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2012.

DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H., KORNDÖRFER, G. H. **Silicon in Agriculture**. Amsterdam: Elsevier, 2001, p. 403.

DEMATTÊ, J. L. I. **Cultura da cana-de-açúcar: recuperação e manutenção da fertilidade dos solos**. Piracicaba: POTAFOS, 2005, 24p. (Informações Agronômicas, 111).

DEMATTÊ, J. L. I.; PAGGIARO, C. M., BELTRAME, J. A.; Ribeiro, S.S. **Uso de silicatos em cana-de-açúcar**. Piracicaba, 2011: (Informações Agronômicas, 133).

DEREN, C. W.; DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; MARTIN, F. G. Silicon concent ration, disease response, and yield components of rice genotypes grown on flooded organic histosols. **Crop Science**, v. 34, p. 733-37, 1994.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa, 2013, p.353.

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

EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 91, p. 11–17, 1994.

ESTAÇÃO AGROCLIMATOLÓGICA FCAV/Unesp. Disponível em: <http://www.fcav.unesp.br/#1244,1975>. Acesso em: 15 jan. 2014.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**. v.35, p.1039-1042, 2011.

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

FORTES, C.; TRIVELIN, P. C. O.; VITTI, A. C.; OTTO, R.; FRANCO, H. C. J.; FARONI, C. E. Stalk and sucrose yield in response to nitrogen fertilization of sugar cane under reduced tillage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 1, p. 88-96, 2013.

FRANCO, H. C. J.; TRIVELIN, P. C. O.; FARONI, C. E. F.; VITTI, A.C.; OTTO, R. Aproveitamento pela cana-de-açúcar da adubação nitrogenada de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2763-2770, 2008.

HOLST, J. I. R. K. O et al. Soluble inorganic and organic nitrogen in two Australian soils under sugar cane cultivation. **Agriculture, Ecosystems e Environment, Filadélfia**, v.155 p. 16-26, 2012.

KORNDÖRFER, G. H.; MARTINS, M. Importância da adubação na qualidade da cana-de-açúcar. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**. Piracicaba, v. 10, n. 3, p. 2-31, 1992.

KORNDÖRFER, G. H.; OLIVEIRA, L. A. Uso de silício em culturas comerciais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 5., 2010, Viçosa. **Anais...**, Viçosa: UFV, DFP, 2010. p. 3-25.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. de. Papel do silício na produção de cana-de-açúcar. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**. Piracicaba, v. 21, n. 2, p. 6-9, 2002.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. **Análise de silício: solo, planta e fertilizante**. Uberlândia, 2004, 34p. (Boletim técnico, 2).

KOSTKA, G.; POLZIN, C.; SCHARRER, J. The future of sugar cane in China and India Supply constraints and expansion potential. **App Energy** **86**, v. 1, p.100–107, 2009.

MCCRAY, M.; JI, S. Comparison of Silica Sources for Sugarcane on Mineral and Organic Soils in Florida. **Journal American Society of Sugar Cane Technologists**, v. 32, 2012.

MADHURI, K. V.; NAGA, M.; HEMANTH KUMAR, SARALA, N. V. Influence of higher doses of nitrogen on yield and quality of early maturing sugar cane varieties. **Sugar Tech**, v.13, n.1, p. 96-98, 2011.

MALAVOLTA, E. Elementos benéficos e tóxicos: Silício. In: _____. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Ceres, 2006a. Cap. 5, p.418-511.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006, p. 638.

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. **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba: IPNI Brasil, 2007, p.189-249.

MARAFON, A. C.; ENDRES, L. **Adubação silicatada em cana-de-açúcar** – Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2011.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1986, p. 674.

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

MATOS JÚNIOR, D.; CANTARELLA, H.; RAIJ, B. V. Manuseio e conservação de amostras de solo para preservação do nitrogênio inorgânico. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v.19, p.423-431, 1995.

MEYER, J. H.; WOOD, R. A. Nitrogen management of sugar cane in South Africa. **Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol**, v. 15, p. 93–104, 1994.

ORLANDO FILHO, J. O.; BITTENCOURT, V. C.; CARMELLO, Q. A. C.; BEAUCLAIR, E. G. F. Relações K, Ca e Mg de solo areia quartzosa e produtividade da cana-de-açúcar. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.14, n. 5, p.13-17, 1996.

ORLANDO FILHO, J.; MACEDO, N.; TOKESHI, H. **Seja o doutor do seu canavial**. Encarte de Informações Agronômica, 1994, 6p, (Boletim Técnico 67).

PEREZ, O.; UFER, C.; AZAÑÓN, V.; SOLARES. Strategies for the optimal use of nitrogen fertilisers in the sugar cane crop in Guatemala. **Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol**, v. 27, p. 9, 2010.

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. Escória de siderurgia e calcário na correção da acidez do solo cultivado com cana-de-açúcar em vaso. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, p. 739-744, 2000.

RAID, R. N.; ANDERSON, D. L.; ULLOA, M. F. Influence of cultivar and amendment of soil with calcium silicate slag on foliar disease development and yield of sugar cane. **Crop Protection**, v. 11, n.1, p. 84-88, 1992.

RAIJ B VAN.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade do solo**. Instituto Agronômico, 2001, p.285.

RAIJ, B. VAN e CANTARELLA, H. Outras culturas industriais. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. rev. Campinas: Instituto Agronômico, 1997. p. 233-239. (Boletim técnico, 100).

RAIJ, B. VAN. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. IPNI, Piracicaba – SP, 2011, p. 420.

REIS, J. J. D.; ALOVISI, A. M. T.; FERREIRA, J. A. A.; ALOVISI, A. A.; GOMES, C. F. Atributos químicos do solo e produção da cana-de-açúcar em resposta ao silicato de cálcio. **Rev. de Ciências Agrárias**, v. 36, 2013.

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

RODRIGUES, F. A.; OLIVEIRA, L. A.; KORNDÖRFER, A. P. et al. Silício: um elemento benéfico e importante para as plantas. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n.134, p. 14-20, 2011.

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

ROY, R. N.; FINCK, A.; BLAIR, G. J.; TANDON, H. L. S. Plant nutrition for food security-A guide for integrated nutrient management. **FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin**, FAO, v. 16, 2006.

SALGADO GARCÍA, S.; PALMA-LÓPEZ, D. J.; ZAVALA-CRUZ, J.; LAGUNES-ESPINOZA, L. C.; CASTELÁN-ESTRADA, M.; ORTIZ-GARCÍA, C. F.; JUÁREZ-LÓPEZ, J. F.; RUIZ-ROSADO, O.; ARMIDA-ALCUDIA.; RINCÓN-RAMÍREZ, J. A. A. Sustainable fertilization program for a sugar factory in Mexico: A principle for precision agriculture. **Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol**, v. 27, p. 9, 2010.

SCHROEDER, B. L.; HURNEY, A. P.; WOODAW.; MOODY, P. W. Concepts and value of the nitrogen guidelines contained in the Australian sugar industry's six easy steps nutrient management program. **Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol**, v. 27, p.11, 2010.

SOBRAL, M. F.; NASCIMENTO, C. W. D.; CUNHA, K. P. D.; FERREIRA, H. A.; SILVA, A. J.; SILVA, F. B. Basic slag and its effects on the concentration of nutrients and heavy metals in sugarcane. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n. 8, p. 867-872, 2011.

SPIRONELLO, A.; RAIJ, B. van.; PENATTI, C. P.; CANTARELLA, H. MORELLI, J. L.; ORLANDO FILHO, J., LANDELL, M. G. A.; ROSSETTO, R. Cana-de-açúcar. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. rev. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. p. 237-239. (Boletim técnico, 100).

TAKAHASHI, E. Uptake mode and physiological functions of silica. In: MATSUO, T.; KUMAZAWA, K.; ISHII, R.; ISHIHARA, K.; HIRATA, H. **Science of the rice plant: physiology**. Tokyo: Food and Agriculture Policy Research Center, 1995. Cap. 5, p. 420-433.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros minerais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985, 188p. (Boletim Técnico de Solos, 5).

TISDALE, S. L.; NELSON, W. J.; BEATON, J. D. **Soil Fertility and Fertilizers**. New York: Macmillan Publishing Company, 1993, p.634.

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

VALE, D. W.; PRADO, R. M.; BASTOS, J. C. H. A. G. Nitrogênio e escória de siderurgia nos atributos químicos do solo e na nutrição da cana-de-açúcar. **Revista da FZVA**, v.17, n. 2, p.199-220, 2010.

VIEIRA, M. X.; TRIVELIN, P. C. O.; FRANCO, H. C. J.; OTTO, R e FARONI, C. E. Ammonium chloride as nitrogen source in sugar cane harvested without burning. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p.1165-1174, 2010.

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

WIEDENFELD, R.; ENCISO, J. Sugarcane Responses to Irrigation and Nitrogen in Semi arid South Texas. **Agron J**, v.100, p. 665–671, 2008.