

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**EFEITO RESIDUAL DO CALCÁRIO E DA ESCÓRIA DE
SIDERURGIA EM SOQUEIRAS DA CANA-DE-AÇÚCAR**

Thiago Batista Firmato de Almeida
Engenheiro Agrônomo

2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**EFEITO RESIDUAL DO CALCÁRIO E DA ESCÓRIA DE
SIDERURGIA EM SOQUEIRAS DA CANA-DE-AÇÚCAR**

Thiago Batista Firmato de Almeida

Orientador: Prof. Dr. Renato de Mello Prado

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal).

2015

A447e Almeida, Thiago Batista Firmato de
Efeito residual do calcário e da escória de siderurgia em
soqueiras da cana-de-açúcar / Thiago Batista Firmato de Almeida. –
Jaboticabal, 2015
v, 98p; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015

Orientador: Prof. Dr. Renato de Mello Prado

Banca examinadora: Takashi Muraoka, Rilner Alves Flores,
Edson Luiz Mendes Coutinho, Anelisa de A. Vidal Lacerda Soares.

Bibliografia

1. *Saccharum* spp. 2. Silicato de cálcio. 3. Resíduo siderúrgico. 4.
Saturação por bases. 5. Poder residual. 6. Metais pesados. I. Título. II.
Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 633.61 : 631.879.3

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: EFEITO RESIDUAL DO CALCÁRIO E DA ESCÓRIA DE SIDERURGIA EM SOQUEIRAS DA CANA-DE-AÇÚCAR

AUTOR: THIAGO BATISTA FIRMATO DE ALMEIDA

ORIENTADOR: Prof. Dr. RENATO DE MELLO PRADO

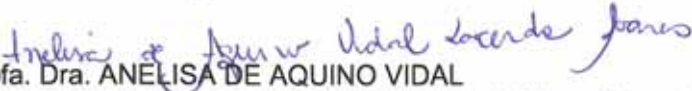
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. RENATO DE MELLO PRADO

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


Prof. Dr. EDSON LUIZ MENDES COUTINHO

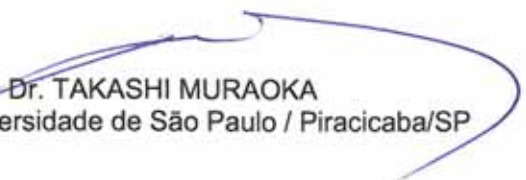
Departamento de Solos e Adubos / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Profa. Dra. ANELISA DE AQUINO VIDAL

Pós-doutoranda / Departamento de Solos e Adubos / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. RILNER ALVES FLORES

Universidade Federal de Goiás / Goiânia/GO


Prof. Dr. TAKASHI MURAOKA

Universidade de São Paulo / Piracicaba/SP

Data da realização: 29 de janeiro de 2015.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Thiago Batista Firmato de Almeida – nascido em Ilhéus, Bahia, em 21 de maio de 1983, filho de Manoel Márcio de Souza Almeida e Marina Batista Almeida. Em 1998 ingressou na Escola Média de Agropecuária Regional da Ceplac - EMARC, em Uruçuca-BA, e qualificou-se em Técnico em Alimentos em dezembro de 2000. Em agosto de 2004 ingressou na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, Câmpus de Vitória da Conquista-BA, e graduou-se Engenheiro Agrônomo em agosto de 2009. Durante a Graduação foi bolsista de Iniciação Científica FAPESB por 36 meses, colaborou em projetos de pesquisa junto a empresas privadas e coordenou um evento em 2008. Em agosto de 2009 ingressou no curso de Mestrado em Agronomia (Ciência do solo) na Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP, Câmpus de Jaboticabal, obtendo o título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo), em julho de 2011. Foi bolsista CAPES por 7 meses e bolsista FAPESP por 17 meses. Realizou atividades de estágio docência na disciplina Nutrição de Plantas, participa do Grupo de pesquisa GENPLANT, atuando como colaborador em projetos de pesquisa, co-orientou um aluno de graduação, participou de bancas de trabalho de conclusão de curso de graduação e coordenou em equipe a organização de eventos na área agrônômica. Em agosto de 2011 ingressou no curso de Doutorado em Agronomia (Produção Vegetal) na UNESP, Câmpus de Jaboticabal. Autor e coautor de dois capítulos de livros, dez artigos científicos, trinta e nove resumos em anais de congressos. Em janeiro 2015, obteve o título de Doutor em Agronomia pelo Programa de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal).

“O único lugar onde o sucesso vem antes do trabalho é no dicionário”

Albert Einstein, físico alemão.

A minha esposa Lívia Duca de Lima, fonte de **amor e paz**, que forma comigo uma **família linda**, simples, unida e **aliançada com Deus**. Contigo, vivo feliz todos os dias de nossa vida.

DEDICO

Aos heróis que me plantaram na Terra, meu pai, o velho Mano (como gosta de ser chamado em Canes) e minha mãe D. Marina (Dona encrenca, segundo Mano), que jamais me deixaram desamparado.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Pai Celestial por sempre estar presente em tudo que faço, por ter me concedido sabedoria e saúde e ter abençoado eu e a minha família para poderem me colocar onde estou.

À CAPES e a FAPESP, pelo apoio financeiro para a realização da pesquisa.

À FCAV/UNESP e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal), pela infraestrutura concedida aos trabalhos realizados.

Aos mestres da graduação e pós-graduação que me lapidaram para o progresso do saber.

À Usina São Martinho, pelo apoio de campo e laboratório.

À excelente orientação concedida pelo Prof. Dr. Renato de Mello Prado, incentivando não só à pesquisa, mas também à formação profissional do indivíduo como transformador do meio.

Ao Prof. Dr. José Carlos Barbosa pelo apoio estatístico, explicitando o entendimento dos números com a pesquisa.

Aos membros da banca examinadora de qualificação e defesa, Prof. Dr. Miguel Angelo Mutton, Prof. Dr. José Frederico Centurion, Prof. Dr. Itamar Andrioli, Prof. Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho, Prof. Dr. Takashi Muraoka, Prof. Edson Luiz Mendes Coutinho, Prof. Dr. Rilner Alves Flores e Profa. Dra. Anelisa de A. Vidal Lacerda Soares pelas suas colocações visando a construção científica.

Aos colegas do GENPLANT, pela realização do trabalho em equipe.

A todos os funcionários do Departamento de Solos e Adubos, Claudinha, Dejair, “Cheirinho”, Mauro, Célia, Luizinho e o Gomes.

Ao funcionário Marcelo Scatolin e a toda equipe da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão – FEPE, por sempre fazer o possível para agilizar o trabalho de campo.

À Família da República Nordestina, João, Gabriel, Anchieta, Samy, Carlos, Davi, Sonsom, pela harmoniosa convivência e alegrias de se encontrar uma família distante de casa.

Ao amigo-irmão que ficará gravado e guardado pra sempre no coração: o velho Tocantins (Marcus André).

A todos os amigos e colegas da Pós-graduação.

A Livia Duca de Lima, minha branquinha linda, sempre presente com palavras fortes e de alto astral, emanando amor, me completando e me fazendo crescer como homem e companheiro, que Deus abençoe a nossa união. Amo você minha esposa linda!

Aos sogros, Sônia e Zé que mesmo distante apoiavam e emanavam energias positivas. Adoro vocês.

Aos meus tios queridos, tia Martha e tio Chico, tio Alexandre e tio Jafa (*in memoriam*), as primas, que têm uma missão de perpetuar a sua trajetória aqui na Terra, obrigado por apoiarem sempre.

Aos meus pais, meu porto seguro, pelo incansável apoio afetivo. Nos dias atuais, ver o filho desfrutar da educação que lhe foi oferecida e concretizar este feito é motivo de orgulho, a vocês a minha eterna gratidão. Na minha carreira profissional, vou lutar para que isto deva ser proliferado e assistido por muitos pais que sofrem com as adversidades da vida.

A você, que agora está lendo esta construção científica.

SUMÁRIO

RESUMO.....	ii
ABSTRACT	iv
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO.....	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	3
3.1 Relevâncias da cana-de-açúcar.....	3
3.2 Fertilidade dos solos tropicais e correção da acidez do solo	4
3.3 Escória de siderurgia: efeitos no solo e na soqueira da cana-de-açúcar	5
3.4 Silício: efeitos no solo e na planta.....	7
3.5 Escória de siderurgia e metais potencialmente tóxicos.....	9
4. MATERIAL E MÉTODOS	11
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
5.1 Efeitos dos tratamentos no solo	15
5.1.1 Efeitos dos tratamentos na fertilidade do solo cultivado na segunda e terceira soqueiras.....	15
5.1.2 Efeitos da aplicação da escória de siderurgia nos teores de metais potencialmente tóxicos (Cd, Cr, Ni e Pb) no solo cultivado na segunda e terceira soqueiras.....	38
5.2 Efeitos dos tratamentos na planta.....	47
5.2.1 Efeitos dos tratamentos no desenvolvimento da segunda e terceira soqueiras.....	47
5.2.2 Efeitos dos tratamentos na nutrição da segunda e terceira soqueiras	52
5.2.3 Efeitos da aplicação da escória de siderurgia nos teores de metais potencialmente tóxicos (Cd, Cr, Ni e Pb) na parte aérea da segunda e terceira soqueiras.....	75
5.2.4 Efeitos dos tratamentos na matéria seca e produção de colmos da segunda e terceira soqueiras	81
5.2.5 Efeitos dos tratamentos na qualidade da segunda e terceira soqueiras ...	86
6. CONCLUSÕES	89
7. REFERÊNCIAS.....	90
8. APÊNDICE	98

EFEITO RESIDUAL DO CALCÁRIO E DA ESCÓRIA DE SIDERURGIA EM SOQUEIRAS DA CANA-DE-AÇÚCAR

RESUMO – O manejo adequado da fertilidade do solo com uso de materiais corretivos com maior efeito residual pode refletir na produção e na longevidade da lavoura canavieira. Objetivou-se, avaliar o efeito residual do calcário e da escória de siderurgia como material corretivo e fonte de Si em soqueiras de cana-de-açúcar, monitorando os metais potencialmente tóxicos (Cd, Cr, Ni e Pb) no solo e na planta, no sistema de colheita sem despalha a fogo, cultivada em um Latossolo Vermelho distrófico. O trabalho foi desenvolvido na FCAV/UNESP–Câmpus de Jaboticabal-SP, com a variedade RB855156, no ano agrícola de 2010/2011 e 2011/2012. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2x4, sendo os dois corretivos em quatro doses ($\text{ECaCO}_3 = 0; 0,9; 1,8 \text{ e } 3,6 \text{ t ha}^{-1}$), com quatro repetições, totalizando 32 unidades experimentais. No solo, as amostragens foram realizadas aos 30 e 36 meses e 42 e 48 meses, após a aplicação dos materiais corretivos, coletando-se 10 pontos por área útil, nas camadas de 0-10; 10-20; 20-40 e 40-60 cm de profundidade, determinando os atributos químicos de fertilidade do solo, teor de silício (Si) e dos metais potencialmente tóxicos (Cd, Cr, Ni e Pb). Realizou-se a diagnose foliar e determinaram-se os teores de Si e dos metais potencialmente tóxicos nas folhas. Para as análises de crescimento, foi considerado o número de perfilhos aos 120 dias após a brotação, e o número de colmos aos 270 e 390 dias após a brotação, em 1,5 m de sulco. A altura foi medida da base do colmo até a inserção da folha +1 (primeira folha com bainha visível “TVD”), e o diâmetro médio da base do colmo foi medido aos 8 cm acima do solo, em 10 plantas por área útil. Determinou-se a massa de matéria seca, a produção de colmos e a qualidade tecnológica. O efeito residual do calcário e da escória de siderurgia apresentaram comportamento semelhante nos atributos químicos do solo aos 30 meses e aos 36 meses a escória mostrou-se com melhor desempenho que o calcário em alguns atributos (pH, V% e Si). Aos 42 meses a escória apresentou-se melhor que o calcário para Mg e Si e aos 48 meses para pH, H+Al, T, V% e Si, implicando-se isto na utilização da maior dose. O efeito residual dos corretivos fora semelhante no crescimento das soqueiras. Não houve diferença para o efeito

residual dos corretivos quanto ao estado nutricional das soqueiras. Para o Si, houve um aumento em ambas as fontes utilizadas quando da aplicação da maior dose. Houve incremento semelhante no efeito residual dos corretivos para matéria seca e produção. A qualidade tecnológica das soqueiras não foi influenciada pelo efeito residual das fontes e doses dos materiais corretivos. Os teores de Cd, Cr, Ni e Pb não apresentaram níveis tóxicos no solo e na parte aérea da cana-de-açúcar.

Palavras-chave: *Saccharum* spp., silicato de cálcio, resíduo siderúrgico, saturação por bases, poder residual, metais pesados.

RESIDUAL EFFECT OF LIMESTONE AND OF STEEL SLAG IN RATOON THE SUGARCANE

ABSTRACT – Proper management of soil fertility with the use of corrective materials with higher residual effect may reflect production and longevity of sugarcane crop. This study aimed was to evaluate the residual effect of limestone and slag as soil amendments material and source of Si in ratoon sugarcane, monitoring the potentially toxic metals (Cd, Cr, Ni and Pb) in soil and plant in without straw removal by burning harvesting system, grown in an Oxisol. The study was conducted in FCAV/UNESP-Campus of Jaboticabal, with RB855156 variety in the 2010/2011 and 2011/2012. The experimental design was randomized blocks, in 2x4 factorial design, with the two amender in four rates ($\text{ECaCO}_3 = 0, 0.9, 1.8 \text{ and } 3.6 \text{ t ha}^{-1}$), with four replications, totaling 32 experimental units. Soil samples were taken at 30 and 36 months and 42 months and 48 months after amendment materials applications, by collecting 10 points per plot, at 0-10; 10-20; 20-40 and 40-60 cm depth, determining the chemical soil fertility analysis, silicon content (Si) and of potentially toxic metals (Cd, Cr, Ni and Pb). Was held the leaf analysis and were determined the Si content and heavy metals in the leaves. For growth analysis the number of tillers at 120 days after sprouting, and the number of stems to 270 and 390 days after sprouting, 1.5 m row were considered. The height was measured from the base of the stem to the insertion of the sheet +1 (TVD: Top Visible Dewlap) and the average diameter of the stem base were measured at 8 cm above the soil surface, 10 plants per working area. It was determined the mass of dry matter of stems and technological quality. The residual effect of limestone and slag showed similar effects on soil chemical properties at 30 months and slag showed at 36 months a better performance than the limestone in some attributes (pH, V% and Si). After 42 months the slag showed up better than the limestone for Mg and Si and 48 months for pH, H + Al, T, V and Si% implying the use of the highest dose. The residual effect of limestone and slag was similar in the growth of sugarcane ratoon. There was no difference to the residual effect of lime on the nutritional status of sugarcane ratoon. For Si, there was an increase in both the sources used in the application of the highest dose. There was a similar increase in the residual effect of lime to dry and production matters.

The technological quality of sugarcane ratoon was not influenced by the residual effect of sources and doses of lime materials. The content of Cd, Cr, Ni and Pb showed no toxic levels in soil and shoots of sugarcane.

Key words: *Saccharum* spp., calcium silicate, residue steel, base saturation, residual power, heavy metals.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, após décadas de cultivo da cana-de-açúcar, verifica-se que a produtividade da cana-de-açúcar vem aumentando. Isto é explicado pela adoção de tecnologias de manejo, desenvolvidas ao longo dos anos, específicas para as condições regionais, destacando-se a prática da calagem.

A calagem promove a neutralização do Al tóxico na camada arável, bem como em subsuperfície (PRADO et al., 1998), possibilitando a proliferação intensa das raízes, com reflexos positivos no crescimento da cana-de-açúcar. No estabelecimento de cultura semi-perene, como a cana-de-açúcar, a calagem adequada é importante, pois um solo ácido comprometerá a produtividade das plantas por muito tempo (RAIJ et al., 1997). Este fato torna-se importante, porque a calagem superficial em soqueiras exerce ação restrita à neutralização da acidez do solo na camada subsuperficial e sem reflexo na produção (SALATA et al., 1995). Uma adequada utilização da prática da calagem, com maior relação custo/benefício, requer atenção não só no ano agrícola de sua aplicação, mas também em anos sucessivos, isto é, em seu efeito residual, beneficiando todo o ciclo das soqueiras, com maior longevidade, aumento do intervalo entre as reformas do canavial e podendo conferir incrementos na produção.

Os acréscimos na produtividade da cana-de-açúcar em resposta à calagem são isolados. Quando ocorreram nos experimentos relatados na literatura, foram obtidos em condições de severa acidez, na presença de alumínio em níveis tóxicos e, principalmente, na ausência de teores adequados de cálcio e magnésio. Grande variabilidade na resposta da produtividade da cana à calagem ocorre em condições de fertilidade de solo menos restritivas, indicando forte adaptação das cultivares de cana-de-açúcar às condições de acidez do solo (ROSSETTO et al., 2004). Efeitos benéficos da calagem na produtividade da cana foram relatados por Marinho et al. (1980); Santos et al. (1980) e Orlando Filho et al. (1990).

A importância do manejo e fertilidade do solo pode resultar favoravelmente em reflexos na produção, podendo influenciar no aumento do número de colheitas na lavoura canavieira. A isto, relaciona-se diretamente o aspecto de se diminuir

operações de preparo do solo atribuindo-se o efeito residual de materiais corretivos aplicados no preparo inicial do solo.

Com base nesse aspecto de se obter um efeito residual em solos implantados com lavouras de cana-de-açúcar tem-se a importância em estudar os efeitos de materiais corretivos alternativos ao calcário como resíduos industriais renováveis que podem ser utilizados na agricultura, o qual se destaca a escória siderúrgica (PRADO et al., 2002).

Assim, para melhorar a fertilidade dos solos do Brasil, a partir da neutralização da acidez do solo e fornecimento de cálcio e magnésio, pode-se utilizar a escória de siderurgia, um resíduo da indústria do aço e ferro-gusa, constituída quimicamente de um silicato de cálcio (CaSiO_3) com propriedades corretivas de solo semelhante ao calcário e que atualmente é pouco utilizado na agricultura brasileira, diferentemente de alguns países como Estados Unidos, Japão e China, a qual é amplamente utilizada na agricultura.

Na literatura nacional há poucos trabalhos que tratam do uso da escória silicatada de siderurgia como corretivo de acidez, fonte de silício e o monitoramento de metais potencialmente tóxicos.

Em cana-de-açúcar têm poucos trabalhos de pesquisa em condições de campo, restringindo-se apenas no Latossolo Vermelho Amarelo acompanhando os efeitos na cana-planta e na primeira soqueira (PRADO e FERNANDES, 2001), na segunda e terceira soqueira (PRADO et al., 2003) e envolvendo os cinco ciclos da cana-de-açúcar (BRASSIOLI et al., 2009). E, recentemente, Sobral et al. (2011), avaliando a disposição final da escória de aciaria de forno elétrico e o fornecimento de Si, nutrientes e metais pesados para cana-de-açúcar em Argissolo Vermelho-Amarelo, e, Prezotti e Martins (2012), avaliando o efeito da escória de siderurgia nas características químicas do solo, na absorção de nutrientes e de metais pesados e na produtividade da cana-de-açúcar, em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

Desse modo, se faz necessário a ampliação de estudos para diferentes solos, como em Latossolo Vermelho onde se tem aproximadamente 47% de área plantada com cana-de-açúcar (MARIN, 2013), pois a cultura pode apresentar considerável potencial de resposta e ainda podendo consumir grandes volumes destes resíduos

siderúrgicos, em função da vasta área cultivada, viabilizando-se assim, numa alternativa sustentável e de menor agressão ambiental.

2. OBJETIVO

Avaliar o efeito residual do calcário e da escória de siderurgia como material corretivo e fonte de Si nos atributos químicos do solo, no desenvolvimento, na nutrição, na produção de colmos e na qualidade da segunda e terceira soqueiras de cana-de-açúcar, monitorando os metais potencialmente tóxicos (Cd, Cr, Ni e Pb) no solo e na planta, no sistema de colheita sem despalha a fogo, cultivada em um Latossolo Vermelho distrófico.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Relevâncias da cana-de-açúcar

A crescente preocupação da sociedade mundial com o ambiente vem gerando discussão sobre o uso de combustíveis fósseis, os quais são os grandes responsáveis pela emissão de gases poluentes na atmosfera. Vários países estão buscando reduzir ao máximo o uso desses combustíveis, seja pela substituição do produto ou pela adição de outros combustíveis para diminuir a carga poluidora.

Além de melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, a colheita da cana sem a queima torna-se um dreno efetivo do CO₂ atmosférico (OLIVEIRA et al., 1999). Weier (1998) trabalhando com os três principais gases emitidos na atmosfera que causam o efeito estufa estimou para a cultura da cana-de-açúcar na Austrália, utilizando métodos micro meteorológicos, que no ano de 1994 mesmo queimando a palhada, o C-CO₂ liberado pela queima, somado ao da

mineralização da palhada e também ao do solo, totalizou 7,6 Mt, enquanto que no mesmo período a cultura fixou 13,4 Mt de C-CO₂, o que resultou em um índice de fixação de C-CO₂ de 1,76. Para o Havaí, foi estimada a absorção líquida de 130 t ha⁻¹ de CO₂ e liberação de 98 t ha⁻¹ de O₂, em cada safra, para a cana-de-açúcar colhida sem uso do fogo previamente à colheita (ECHAVARRIA, 1995).

A área em cultivo de cana-de-açúcar no estado de São Paulo cresceu 54,6% nos últimos quatro anos (RUDORFF et al., 2010), contudo esta expansão não tem sido suficiente para suprir a crescente demanda interna de etanol, estimada em 15 bilhões de litros.

Em levantamentos de safras feito em agosto de 2013, indicou uma produção brasileira de 740 milhões de toneladas de cana, com isso, o Brasil deverá produzir 40 milhões de toneladas de açúcar e a produção de álcool deve atingir 27 bilhões de litros, sendo 12 bilhões de álcool anidro e 15 bilhões de álcool hidratado (AGRIANUAL, 2014).

A área plantada de cana-de-açúcar para 2010, em Jaboticabal, foi de 40 mil hectares (IPEA, 2010), correspondendo a aproximadamente 1% do Estado de São Paulo que quantifica uma área de aproximadamente 4,5 milhões de hectares (CONAB, 2014).

Um dos aspectos conhecidos e responsáveis pelo aumento da produção da cana-de-açúcar é a adequada nutrição da planta, tendo em vista a baixa fertilidade natural dos solos brasileiros. Esta cultura, instalada em uma vasta área (4,5 milhões de hectares), consome milhões de toneladas de fertilizantes, sendo uma das culturas na qual mais se aplica adubo por unidade de área (ANDA, 2013).

3.2 Fertilidade dos solos tropicais e correção da acidez do solo

Os solos brasileiros possuem a intrínseca característica de apresentar acidez elevada, devido as altas concentrações de alumínio, ferro e manganês na solução do solo (MARTINS, 2005).

Há duas maneiras principais que provocam a acidificação do solo. A primeira ocorre naturalmente pela dissociação do gás carbônico, e a segunda causa da acidificação é ocasionada por alguns fertilizantes (sobretudo os amoniacais e a uréia) que durante a sua reação no solo (pelos microrganismos) resulta na liberação de H^+ . Contudo a prática da calagem visa, principalmente, neutralizar a acidez diminuindo os efeitos tóxicos de elementos como o alumínio e o manganês, fornecendo ainda cálcio e magnésio (BRADY, 1989).

Entretanto, os resultados de calagem para a cana-de-açúcar obtidos no Brasil não são ainda conclusivos, segundo ROSSETTO et al. (2004), que puderam constatar a resposta da cana-de-açúcar apenas em duas situações: quando os solos apresentavam baixa fertilidade e acidez elevada, caracterizados por pH menor que 4,4; e teores de Ca próximos a $6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e Mg de $1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$. O aumento de produtividade devido a prática da calagem, nessas condições, manteve-se entre 8 e 13 t ha^{-1} . Neste contexto, a prática da calagem é importante para a cultura da cana-de-açúcar, sendo amplamente utilizado a aplicação do calcário, entretanto, têm-se outras formas alternativas como a escória de siderurgia.

3.3 Escoria de siderurgia: efeitos no solo e na soqueira da cana-de-açúcar

As escórias siderúrgicas apresentam em sua composição constituintes neutralizantes (PRADO et al., 2004), além de Ca e Mg, o elemento benéfico às plantas e ao solo que é o Si. Ressalta-se que este elemento foi incluído como nutriente benéfico para o cultivo de cana-de-açúcar de acordo com a Legislação para Produção e Comercialização de Fertilizantes e Corretivos, pelo decreto-lei número 4.954 de 14 de janeiro de 2004 (MDA, 2004). Para tanto, as melhorias nas características químicas do solo pela utilização de escórias decorrem da ação neutralizante do SiO_3^{2-} e, conseqüentemente, da elevação do pH e dos teores de Ca e Mg, CTC e V%, e diminuição da concentração de H^+Al (PRADO e FERNANDES, 2000a; PRADO et al., 2002, 2003).

CARVALHO-PUPATTO et al. (2003) verificaram que o aumento nas doses de escória proporcionou aumentos significativos nos valores de pH, Ca, Mg e Si e redução na acidez potencial (H+Al). O aumento do valor de pH está relacionado ao poder neutralizante da base SiO_3^{2-} (ALCARDE, 1992), presente no material utilizado. Resultados semelhantes foram obtidos por PRADO et al. (2002) e PRADO et al. 2003.

Comparando a escória com o calcário, baseado no poder de neutralização (PN) para a correção do solo, FORTES (1993) verificou a não eficiência da aplicação de escória, enquanto PRADO (2000), aplicando doses quimicamente equivalentes de calcário e escória, em condições de campo cultivado com cana-de-açúcar (cana-soca) aos 24 meses após a incorporação, observou mudança na correção da acidez do solo e, concluiu que a reatividade da escória de siderurgia depende da classe de solo.

PRADO e NATALE (2004), verificaram que a aplicação da escória de siderurgia aumentou, ajustando-se, de forma linear, o pH, reduzindo linearmente a concentração de H+Al, aumentaram de forma quadrática, as concentrações de cálcio e magnésio, os valores da soma de bases e da saturação por bases.

Ao avaliar respostas da cana à aplicação da escória, PRADO et al. (2004) observaram que a semelhança do calcário e da escória de siderurgia na produção de massa seca da parte aérea foi explicada pelo seu comportamento semelhante no solo e conseqüentemente na nutrição da planta. Este mesmo autor, estudando a reatividade de uma escória de siderurgia de aciaria, em diferentes frações granulométricas, aplicada em uma amostra de um Latossolo Vermelho distrófico, ácido, em condições de laboratório, pode-se inferir que a escória apresentou um efeito residual maior que o calcário, visto que a fração fina deste material é mais susceptível à perda de ação com o tempo. RAID et al. (1992) verificaram ainda, que a escória proporcionou um efeito linear crescente no perfilhamento da cana-de-açúcar (média dos dois cortes) enquanto que o calcário não afetou essa variável.

3.4 Silício: efeitos no solo e na planta

A cana-de-açúcar é reconhecida como uma acumuladora de Si (KORNDÖRFER e DATNOFF, 1995), (NAIDOO, 2009). Uma produção de 100 t ha⁻¹ de cana-de-açúcar pode remover cerca de 300 kg ha⁻¹ de Si do solo. Em locais onde a produtividade é mais elevada, esta quantidade pode chegar a 500 kg ha⁻¹ Si.

Têm sido discutidos os efeitos benéficos do Si no sistema solo-planta. No solo, o Si pode apresentar certa mobilidade, superior ao carbonato dos calcários, com reflexos na lixiviação de bases no perfil, o que, conseqüentemente, favorece o desenvolvimento das raízes nas camadas subsuperficiais, especialmente em sistemas de produção que evitam a mobilização do solo, como no sistema de cana-crua e até em plantio direto (culturas anuais).

O Si é o segundo elemento mais abundante em teor total na crosta terrestre, sendo o principal constituinte dos solos, que diferem quanto à sua capacidade de fornecimento de Si às plantas. Seus teores solúveis no solo são variáveis em função dos minerais e da textura. Quanto menor quantidade de minerais primários e secundários e, conseqüentemente, maior teor de óxidos de ferro e alumínio, menor o teor de Si no solo. Sobre a textura, solos arenosos e de textura média contêm menor teor de silício solúvel. Entretanto, a extração de Si em solos é alta, podendo reduzir até 20% os teores de Si inicial após os ciclos de cana-de-açúcar, independentemente se o solo possui alto, médio ou baixo teor inicial (CAMARGO et al., 2010).

O Si encontra-se presente na solução do solo como ácido monossilícico, a maior parte em forma não dissociada, a qual é prontamente disponível às plantas. Devido à dessilicatização causada pelo intenso intemperismo e lixiviação dos solos tropicais, as formas de Si mais encontradas nesses solos são quartzo, opala (SiO₂.nH₂O) e outras formas não-disponíveis às plantas. As formas de Si quimicamente ativas no solo são representadas pelo ácido monossilícico solúvel e fracamente adsorvido, ácido polissilícico, e compostos organo-silícicos (MATICHENKOV e CALVERT, 2002).

Depois de absorvido é depositado na forma de sílica amorfa nas paredes das células da epiderme, contribuindo substancialmente para fortalecer a estrutura da planta e aumentar a resistência ao acamamento e ao ataque de pragas e doenças, dependendo da variedade do material (EPSTEIN, 1999; KORNDÖRFER et al., 2002). O Si melhora, ainda, o aproveitamento da água (AGARIE et al., 1998), sendo que as folhas ricas desse elemento podem, por meio da polimerização, preencher os espaços interfibrilares, reduzindo o movimento da água através da parede celular, causando aumento da economia de água da planta pela diminuição da taxa de transpiração (SAVANT et al., 1999), concordando assim com FARIA (2000) ao afirmar que quanto maior o teor de Si na planta, maior a capacidade desta em tolerar a falta de água.

O Si beneficia também a arquitetura da planta, as folhas ficam mais eretas e aumenta a taxa fotossintética (DEREN et al., 1994; KORNDORFER et al., 2002; FARIA, 2000), resultado de uma menor abertura de ângulo foliar, permitindo maior captação da energia luminosa (YOSHIDA et al., 1969), aumentando a produtividade, principalmente em espécies acumuladoras desse elemento como o arroz e cana-de-açúcar (KORNDÖRFER e DATNOFF, 1995).

A cana-de-açúcar apresenta alta exigência em Si. ROSS et al. (1974) citam uma exportação de até 408 kg ha⁻¹ de Si para uma produtividade de 74 t ha⁻¹ de cana-de-açúcar (folhas e colmos). Pode ainda, aumentar a produção de 11 a 20% na cana-soca (DATNOFF et al., 2001). Com o resultado desta enorme exportação de Si, uma redução temporária do Si “disponível” no solo pode ocorrer, tornando assim necessário seu fornecimento via fertilização silicatada.

BITTENCOURT et al. (2003), estudando os efeitos do silicato de cálcio em Latossolo Vermelho, observaram a resposta da cana-de-açúcar refletindo num aumento de 7% na produção de colmos e também na qualidade tecnológica atingindo acréscimo de 11% na produtividade de açúcar. SILVEIRA Jr. et al. (2003) também obtiveram aumentos na produção de colmo na cana planta e cana-soca com a aplicação de silicato, sendo estes superiores aos efeitos do calcário. Ambos os trabalhos concluíram que não há efeito do silicato de cálcio nas características tecnológicas da cana-de-açúcar.

ANDERSON et al. (1991) e RAID et al. (1992), observaram ainda que a produtividade da cana-de-açúcar e a síntese de açúcar podem aumentar significativamente devido à aplicação de silicatos de cálcio na forma de escória. As maiores respostas são obtidas no primeiro ano após a aplicação da escória, ou seja, em seu efeito residual, quando aumenta a absorção de Si pela planta.

PRADO et al. (2003), estudando o efeito residual da escória de siderurgia em soqueiras de cana, constataram que o calcário e a escória de siderurgia promoveram efeito residual benéfico, após 48 meses da aplicação, na correção da acidez do solo e na elevação do valor da saturação por bases. A maior dose de calcário causou efeito depressivo no perfilhamento, no número de colmos industrializáveis e na produção da cana-de-açúcar, fato não observado com uso da escória de siderurgia, ainda, a aplicação da escória de siderurgia e do calcário, em pré-plantio, promoveu efeito residual positivo na produção da soqueira de cana-de-açúcar. Saliente-se que poucos são os trabalhos relacionados sobre esse tema.

Ainda que as funções do silício na cana-de-açúcar não sejam completamente esclarecidas, sabe-se que ele desempenha importante papel na produtividade dessa cultura, sendo absorvido em quantidade elevada, podendo variar de 0,14% a 6,7%, em folhas jovens e folhas velhas, respectivamente (ANDERSON et al., 1991).

3.5 Escória de siderurgia e metais potencialmente tóxicos

Os metais potencialmente tóxicos nos solos pode ter origem natural, depende do material de origem e do grau de intemperização que esse material sofreu, ou antropogênica, que é a principal razão do aumento crescente na concentração de metais potencialmente tóxicos em solos agrícolas. Atualmente, o solo é tido como um dos meios mais promissores para o descarte de vários resíduos que têm por finalidade melhorar as condições físicas do solo e/ou fornecerem nutrientes essenciais às plantas, mas, muitas vezes, apresentam altos teores em metais potencialmente tóxicos.

Existem alguns exemplos de alternativas de uso de escórias, principalmente as de alto forno. Em contrapartida as escórias provenientes da fabricação de aço-inox, foram pouco estudadas, havendo poucas informações disponíveis, talvez devido à limitação que a presença de óxido de cromo impõe ao seu uso agrícola (ZETTERMANN, 2001).

Para se fundamentar o uso agrícola da escória de siderurgia na agricultura, além dos aspectos positivos sobre a fertilidade do solo e a nutrição das plantas, é necessário fazer estudos sobre a influência na liberação de metais potencialmente tóxicos no solo e a absorção pelas plantas e, conseqüentemente, sua influência ou não na cadeia alimentar.

Embora tenham sido realizadas algumas pesquisas com escória de siderurgia em cana-de-açúcar no Brasil, são incipientes os trabalhos que avaliaram o efeito desse material com relação à liberação de metais com poder de toxicidade em solos, bem como são contraditórios os resultados obtidos com relação aos extratores utilizados na quantificação dos mesmos, principalmente para cádmio, cromo, níquel e chumbo, metais potencialmente tóxicos presentes na escória siderúrgica. Assim, o estudo da aplicação da escória de siderurgia é condição necessária para que sua utilização preserve as condições ambientais.

SOUZA (2002) verificou que a correção do solo tanto pelo agrosilício® quanto pelo calcário resultou em menor absorção de Pb pela cana-de-açúcar. E observou ainda que não houve efeito com relação à absorção de Ni pela cana-de-açúcar. A correção de acidez diminui a concentração de Ni na solução do solo (LINDSAY, 1979), que é considerado tanto tóxico, como presente em pequenas quantidades, pode ser essencial ao crescimento vegetal (MALAVOLTA, 1980; SOUZA, 2002).

CORRÊA et al. (2008), trabalhando com a disponibilidade de metais pesados em Latossolo com a aplicação da escória, observaram que não houve correlação significativa entre os teores disponíveis de Cd, Cr, Hg, Pb, V e As, em relação aos atributos químicos do solo, pH, matéria orgânica e CTC, o que permite inferir que houve efeito de compensação entre a adição de metais pesados e a sua atuação no aumento do pH, da matéria orgânica e da CTC do solo (responsáveis pela adsorção desses metais), tornando indisponíveis para extração por DTPA, e conseqüentemente às plantas, nas condições de Latossolo Vermelho distrófico,

manejado sob plantio direto. Assim, pesquisas são realizadas para se determinar os teores potencialmente tóxicos desses metais em solos, porém, há uma ampla discussão científica sobre qual a melhor metodologia química a ser empregada para avaliar a disponibilidades destes elementos em solos que venham a ser potencialmente tóxicos.

A presença desses metais não é exclusividade de resíduos, uma vez que é sabido que fertilizantes, corretivos, defensivos e outros produtos usados na agricultura podem contê-los. Os principais elementos químicos presentes no solo e nos produtos utilizados na agricultura são o Al, Co, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sn e Zn. Dentre esses, deve-se ressaltar que alguns são essenciais às plantas (Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn), às bactérias fixadoras de nitrogênio (Co e Mo) e aos animais (Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn (ABREU et al., 2002).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão – FEPE da FCAV/UNESP, Câmpus de Jaboticabal-SP, localizada a uma altitude de 610 metros, com as seguintes coordenadas geográficas: 21°15'22" S e 48°15'18" W, apresentando clima megatérmico seco no inverno (Aw) pelo critério de classificação climática de Köppen. Temperatura média anual de 22,6 e precipitação pluviométrica média anual de 1615,7 mm e 1179,1 mm, respectivamente, em 2011 e 2012 (Apêndice A). O solo foi classificado por ANDRIOLI e CENTURION (1999) e corresponde a um Latossolo Vermelho distrófico típico, textura argilosa, A moderado, caulínítico, hipoférrico, relevo plano conforme critérios da Embrapa (2006).

Realizou-se a amostragem de solo antes do preparo do solo e plantio da cana-de-açúcar (17 de janeiro de 2008) variedade RB 855156 para fins de avaliação de fertilidade (RAIJ et al., 2001) onde se determinou na camada de 0-20 cm de profundidade, pH (em CaCl_2) 4,5; M.O.=17 g dm^{-3} ; P=15 mg dm^{-3} ; K=1,9 mmol $_c$ dm^{-3} ; Ca=7 mmol $_c$ dm^{-3} ; Mg=3 mmol $_c$ dm^{-3} ; H+Al=40 mmol $_c$ dm^{-3} ; SB=12,4 mmol $_c$ dm^{-3} ;

$T=52,4 \text{ mmolc dm}^{-3}$ e $V=24\%$. Na mesma camada de solo, as concentrações de micronutrientes, alumínio e silício foram: $B=0,18$; $Cu=0,7$; $Fe=19$; $Mn=13,5$; $Zn=0,5 \text{ mg dm}^{-3}$; $6,0 \text{ mmolc dm}^{-3}$ de Al e $3,9 \text{ mg dm}^{-3}$ de Si (extrator Cloreto de Cálcio $0,01 \text{ mol L}^{-1}$). O teor de argila foi de $24,5\%$, na camada de 0-40 cm de profundidade. Os tratos culturais e as avaliações na cultura no ano agrícola de 2008/2009 (cana planta) e 2009/2010 (primeira soqueira) estão descritos, respectivamente, em AVALHÃES (2010) e ALMEIDA (2011), neste trabalho foi avaliado a cultura no ano agrícola 2010/2011 e 2011/2012, respectivamente, segunda e terceira soqueiras.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2×4 , sendo dois corretivos (a escória de siderurgia e o calcário) e quatro doses de materiais corretivos ($ECaCO_3 = 0$; $0,9$; $1,8$ e $3,6 \text{ t ha}^{-1}$), com quatro repetições, totalizando 32 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi constituída por uma parcela de 6 m de comprimento e 6 m de largura, totalizando uma área de 36 m^2 , com espaçamento entre linhas de 1,5 m.

As fontes de material corretivo foram a escória de siderurgia denominada agrosilício® (Recmix, Timóteo-MG) (PRNT = $72,3\%$, RE = $82,9\%$, CaO = $42,1\%$, MgO = $12,4\%$, Si total em HFconc (Ácido fluorídrico) = $8,1\%$, Si solúvel em $Na_2CO_3 + NH_4NO_3 = 6,0\%$, Cd = $2,4 \text{ mg kg}^{-1}$, Cr = $2,3 \text{ g kg}^{-1}$, Ni = $163,8 \text{ mg kg}^{-1}$, Pb = $27,3 \text{ mg kg}^{-1}$), e o calcário (PRNT = $86,2\%$, RE = $85,9\%$, CaO = $41,4\%$ e MgO = $10,6\%$).

As quantidades dos materiais corretivos utilizadas foram: zero, metade, uma vez e duas vezes a dose indicada para elevar V igual a 60% , em equivalente carbonato de cálcio ($ECaCO_3 = 0$; $0,9$; $1,8$ e $3,6 \text{ t ha}^{-1}$), seguindo a recomendação para cana-de-açúcar no Estado de São Paulo (SPIRONELLO et al., 1997), correspondendo às doses de $0,0$; $1,3$; $2,6$ e $5,2 \text{ t ha}^{-1}$ para a escória de siderurgia e, $0,0$; $1,1$; $2,2$ e $4,4 \text{ t ha}^{-1}$ para o calcário.

Para todas as avaliações feitas no experimento, consideraram-se as duas linhas centrais de plantio, com 6 m de comprimento, espaçadas 1,5 m entre linhas, totalizando uma área útil de 18 m^2 , sendo as demais linhas denominadas de bordaduras.

Trinta dias após a colheita das soqueiras (primeira soca: 17 de maio de 2010 e segunda soca: 17 de maio de 2011), realizou-se a adubação básica, aplicando-se 100 kg ha^{-1} de N, 30 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 130 kg ha^{-1} de K_2O , na forma de uréia,

superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente, em todos os tratamentos. As doses foram baseadas na análise química do solo, seguindo a recomendação de adubação proposta por SPIRONELLO et al. (1997) para alta produtividade da cana-de-açúcar.

As amostragens de terra foram realizadas aos 30 e 36 meses e 42 e 48 meses, após a aplicação dos materiais corretivos no solo, coletando-se 10 pontos por área útil, nas camadas de 0-10; 10-20; 20-40 e 40-60 cm de profundidade. As amostras de terra, após secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira com malha de 2 mm de abertura foram analisadas para as determinações dos atributos químicos do solo (pH, M.O., P, K, Ca, Mg, H+Al) (RAIJ et al., 2001) e calcularam-se a SB, T e V%. Determinou-se ainda, o Si “disponível” segundo a metodologia proposta por KORNDÖRFER et al. (2004).

Além disso, foi realizado estudo para avaliar o risco de contaminação de metais potencialmente tóxicos (Cd, Cr, Ni e Pb) da escória aplicada no solo, sendo determinadas as concentrações fitodisponíveis de Cd, Cr, Ni e Pb, utilizando-se o extrator Mehlich-3 (composição: $\text{CH}_3\text{COOH} = 0,2\text{N}$; $\text{NH}_4\text{NO}_3 = 0,25\text{N}$; $\text{NH}_4\text{F} = 0,015\text{N}$; $\text{HNO}_3 = 0,013\text{N}$ e $\text{EDTA} = 0,001\text{M}$) (MEHLICH, 1984), e também foi determinado a concentração total desses elementos no sistema solo-planta pela metodologia da USEPA (composição: HNO_3 , HCl e H_2O_2) USEPA (1986), sendo as leituras realizadas com o auxílio da absorção atômica. A análise de metais potencialmente tóxicos (Cd, Cr, Ni e Pb), no solo, foi realizada nas amostras coletadas aos 30 e 36 meses e 42 e 48 meses, após a aplicação do material corretivo, na camada de 0-10 cm de profundidade. No tecido vegetal (folha + colmo), foi realizada aos 36 e 48 meses, após a aplicação dos materiais corretivos.

Para avaliar o estado nutricional das plantas (macronutrientes, micronutrientes e silício), utilizou-se a folha +1 (folha mais alta com bainha visível “TVD: Top Visible Dewlap”), obtendo 20 cm centrais da folha, excluindo-se a nervura central, coletadas aos nove meses após a brotação das soqueiras (fase de maior desenvolvimento vegetativo), coletando 10 folhas por parcela (RAIJ e CANTARELLA, 1997). O material vegetal coletado foi lavado em água corrente, solução detergente neutro (1 mL L^{-1}) e duas vezes em água deionizada. Em seguida, foi seco em estufa de circulação forçada de ar (65°C). Posteriormente, as folhas

foram moídas e as amostras foram submetidas à determinação dos teores de macronutrientes e micronutrientes, conforme metodologia descrita por BATAGLIA et al. (1983) e silício, conforme a metodologia proposta por KRASKA e BREITENBECK (2010).

Para as análises de crescimento e/ou desenvolvimento, devido a ausência de colmos, foi considerado o número de perfilhos aos 120 dias após a brotação e o número de colmos, aos 270 e 390 dias após a brotação, em 1,5 m de sulco. A altura foi medida da base do colmo até a inserção da folha +1 (primeira folha com bainha visível “TVD”), e o diâmetro médio da base do colmo foi medido aos 8 cm acima do solo, em 10 plantas por área útil.

Na ocasião da colheita das soqueiras, realizada manualmente, sem despalha a fogo, aos 36 meses (17 de abril de 2011) e 48 meses (17 de abril de 2012), após a aplicação dos materiais corretivos, determinou-se a produção a partir da coleta dos colmos da área útil com o auxílio de uma célula de carga acoplada em um trator, os valores foram expressos em $t\ ha^{-1}$.

Para a avaliação da qualidade tecnológica da cana, foi realizada a amostragem a partir de 10 colmos contíguos da linha central de cada parcela. Na análise tecnológica foi realizada avaliação do teor de sacarose (Pol% cana), fibra, pureza e concentração de sólidos solúveis, determinados segundo o método descrito por CONSECANA (2006).

Ainda, coletou-se no momento da colheita, a parte aérea (folhas e colmos) em 1,5 m na linha do plantio e em seguida, o material vegetal foi pesado e triturado para se obter a massa da matéria seca, determinou-se o teor de nutrientes conforme a metodologia descrita por Bataglia et al. (1983) e de silício no tecido vegetal conforme a metodologia proposta por KRASKA e BREITENBECK (2010). Com os dados, calculou-se o acúmulo de nutrientes e silício nas plantas.

Os resultados obtidos foram submetidos a análises de variância e estudos de regressão polinomial para as interações significativas utilizando o software AgroEstat (BARBOSA e MALDONADO, 2011).

Para as variáveis de solo e de planta (teor e acúmulo de macronutrientes, micronutrientes e Si) e produção realizou-se análise em blocos casualizados, em esquema fatorial 2x4 (duas fontes de materiais corretivos x quatro doses).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Efeitos dos tratamentos no solo

5.1.1 Efeitos dos tratamentos na fertilidade do solo cultivado na segunda e terceira soqueiras

Aos 30 meses após a brotação da cana planta, observou-se na camada de 0-10 cm de profundidade que houve efeito significativo para fontes, apenas para a variável Si (Tabela 1), na camada de 10-20 (Tabela 2), 20-40 (Tabela 3) e na camada de 40-60 cm de profundidade (Tabela 4), não houveram efeitos significativos para fontes.

Houveram efeitos significativos para doses, na camada de 0-10 cm de profundidade, para as variáveis pH, Ca, Mg, H+Al, SB, V e Si (Tabela 1), na camada de 10-20 cm de profundidade também houveram efeitos significativos para as variáveis pH, K, Ca, Mg, H+Al, SB e V (Tabela 2), na camada de 20-40 cm de profundidade foram significativos para as variáveis pH, Ca, Mg, H+Al, SB e V (Tabela 3), e, na camada de 40-60 cm de profundidade ainda houveram efeitos significativos para as variáveis pH, Ca, H+Al, SB e V (Tabela 4).

Não houveram efeitos significativos para interação entre fontes e doses para ambas as profundidades estudadas aos 30 meses após a brotação da cana planta em função da aplicação de calcário e de escória de siderurgia (Tabelas 1, 2, 3 e 4).

Aos 36 meses após a brotação da cana planta, observou-se na camada de 0-10 cm de profundidade que houve efeito significativo para fontes, apenas para a variável Mg (Tabela 5), na camada de 10-20 (Tabela 6), 20-40 (Tabela 7) e na camada de 40-60 cm de profundidade (Tabela 8), não houveram efeitos significativos para fontes.

Houveram efeitos significativos para doses, na camada de 0-10 cm de profundidade, para as variáveis pH, P, Ca, Mg, H+Al, SB e V (Tabela 5), na camada

de 10-20 cm de profundidade também houveram efeitos significativos para as variáveis pH, Ca, Mg, H+Al, SB, V e Si (Tabela 6), na camada de 20-40 cm de profundidade foram significativos para as variáveis pH, Mg, H+Al e V (Tabela 7), e, na camada de 40-60 cm de profundidade apenas houve efeito significativo para a variável H+Al (Tabela 8).

Não houveram efeitos para interação entre fontes e doses para a camada de 0-10 cm de profundidade (Tabela 5) e de 40-60 cm de profundidade para todas as variáveis estudadas (Tabela 8), porém, houveram efeitos significativos na camada de 10-20 cm de profundidade para as variáveis V e Si (Tabela 6), e ainda houve efeitos significativos na camada de 20-40 cm de profundidade para as variáveis pH e V aos 36 meses após a brotação da cana planta em função da aplicação de calcário e de escória de siderurgia (Tabela 7).

Com base nos resultados obtidos das amostras da camada de 10-20 cm de profundidade, aos 36 meses após a brotação da cana planta, notou-se um aumento, com ajuste linear nos valores de V, em função da aplicação das duas fontes de materiais corretivos aplicados (Figura 1a).

Com relação a concentração de Si no solo da camada de 10-20 cm de profundidade, aos 36 meses após a brotação da cana planta, observou-se um incremento com ajuste linear crescente para a escória aplicada, enquanto que para o calcário aplicado apresentou-se um ajuste quadrático (Figura 1b), este fato, pode ser evidenciado na escória pela composição de Si presente neste material corretivo, porém este incremento pode não ter sido mais expressivo pelo fato de que a escória aplicada ter pouco silício solúvel (6% de Si em $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NH}_4\text{NO}_3$).

Notou-se nos valores de pH da camada de 20-40 cm de profundidade, aos 36 meses após a brotação da cana planta, um aumento com ajuste linear em função dos materiais corretivos aplicados no solo (Figura 1c), isto é refletido no decréscimo da acidez potencial com o aumento das doses de materiais corretivos aplicados. Ainda nesta camada de solo estudada, observou-se para os valores de V um acréscimo, com ajuste linear, em função das doses de materiais corretivos aplicados, atingindo de 16 para 21%, para o calcário e de 15 para 32% para a escória, isto, com o aumento das doses aplicadas (Figura 1d).

Tabela 1 – Atributos químicos do solo, determinados aos 30 meses após a brotação da cana planta, na camada de 0-10 cm de profundidade, em função da aplicação de duas fontes e quatro doses de material corretivo.

Tratamentos	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg mmolc dm ⁻³	H+Al mmolc dm ⁻³	SB	T	V %	Si mg dm ⁻³
Fontes (F)											
Calcário	4,5	15	13	1,2	11	4	37	17,4	54,5	31	5,3
Escória de Siderurgia	4,5	15	14	1,4	11	4	37	17,8	55,5	30	6,1
Teste F	0,03 ^{NS}	0,01 ^{NS}	0,02 ^{NS}	0,47 ^{NS}	0,01 ^{NS}	0,06 ^{NS}	0,09 ^{NS}	0,01 ^{NS}	0,11 ^{NS}	0,01 ^{NS}	7,61*
D.M.S.	0,21	1,34	3,54	0,51	4,41	1,64	4,38	6,11	6,06	8,41	0,56
Doses (D)											
t ha ⁻¹ ECaCO ₃											
0	4,0	16	15	1,0	4	1	46	6,7	53,2	12	5,0
0,9	4,2	17	13	1,2	7	3	41	12,7	54,2	23	5,1
1,8	4,6	16	12	1,2	13	5	33	20,0	53,0	37	6,3
3,6	5,0	16	14	1,7	21	7	28	31,2	59,6	50	6,5
Teste F	20,15**	1,46 ^{NS}	0,69 ^{NS}	1,65 ^{NS}	13,37**	9,53**	14,89**	12,73**	1,13 ^{NS}	16,76**	8,37**
Teste F											
(F) x (D)	0,28 ^{NS}	0,47 ^{NS}	0,13 ^{NS}	0,38 ^{NS}	0,27 ^{NS}	0,32 ^{NS}	0,54 ^{NS}	0,33 ^{NS}	0,81 ^{NS}	0,25 ^{NS}	0,08 ^{NS}
C.V. (%)	6,4	11,4	35,2	52,6	50,8	49,3	15,9	47,0	14,9	36,8	13,4

**,* e ^{NS} - Significativo a 1% e 5% de probabilidade e não-significativo, respectivamente. F= fonte de material corretivo; D= dose de material de corretivo em ECaCO₃.

**, * e ^{NS} - Significativo a 1% e 5% de probabilidade e não-significativo, respectivamente. F= fonte de material corretivo; D= dose de material de corretivo em ECaCO₃.

Tabela 2 – Atributos químicos do solo, determinados aos 30 meses após a brotação da cana planta, na camada de 10-20 cm de profundidade, em função da aplicação de duas fontes e quatro doses de material corretivo.

Tratamentos	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg mmol _c dm ⁻³	H+Al	SB	T	V %	Si mg dm ⁻³
Fontes (F)											
Calcário	4,3	14	13	0,8	10	3	42	14,2	57,0	25	5,2
Escória de Siderurgia	4,4	14	10	0,8	11	4	42	15,7	58,0	27	5,4
Teste F	0,23 ^{NS}	0,65 ^{NS}	1,26 ^{NS}	0,17 ^{NS}	0,20 ^{NS}	1,97 ^{NS}	0,05 ^{NS}	0,51 ^{NS}	0,14 ^{NS}	0,25 ^{NS}	0,59 ^{NS}
D.M.S.	0,16	1,29	6,30	0,25	3,23	1,11	5,05	4,31	5,10	6,98	0,53
Doses (D)											
t ha ⁻¹ ECaCO ₃											
0	4,0	13	9	0,6	6	1	51	8,1	59,1	13	5,4
0,9	4,1	15	9	0,6	6	2	47	9,8	57,0	17	5,0
1,8	4,5	14	9	0,8	12	4	36	17,7	54,0	33	5,3
3,6	4,8	14	19	1,1	17	5	35	24,2	59,7	40	5,5
Teste F	19,33**	1,86 ^{NS}	2,98 ^{NS}	3,20*	12,28**	11,72**	10,27**	12,91**	1,15 ^{NS}	14,07**	0,68 ^{NS}
Teste F											
(F) x (D)	0,34 ^{NS}	0,40 ^{NS}	0,71 ^{NS}	0,57 ^{NS}	0,42 ^{NS}	0,69 ^{NS}	1,28 ^{NS}	0,48 ^{NS}	1,85 ^{NS}	0,29 ^{NS}	1,34 ^{NS}
C.V. (%)	5,1	12,3	41,6	41,5	41,9	40,9	16,1	39,1	12,0	36,3	13,7

**, * e ^{NS} - Significativo a 1% e 5% de probabilidade e não-significativo, respectivamente. F= fonte de material corretivo; D= dose de material de corretivo em ECaCO₃.

Tabela 3 – Atributos químicos do solo, determinados aos 30 meses após a brotação da cana planta, na camada de 20-40 cm de profundidade, em função da aplicação de duas fontes e quatro doses de material corretivo.

Tratamentos	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg mmol _c dm ⁻³	H+Al	SB	T	V %	Si mg dm ⁻³
Fontes (F)											
Calcário	4,3	11	9	0,7	8	2	32	11,8	44,6	26	5,0
Escória de Siderurgia	4,4	11	10	0,7	9	3	32	12,5	45,0	27	5,0
Teste F	0,41 ^{NS}	0,53 ^{NS}	0,07 ^{NS}	0,10 ^{NS}	0,23 ^{NS}	0,18 ^{NS}	0,03 ^{NS}	0,19 ^{NS}	0,03 ^{NS}	0,05 ^{NS}	0,35 ^{NS}
D.M.S.	0,16	1,60	4,5	0,25	2,42	0,90	3,77	3,42	4,77	6,09	0,81
Doses (D)											
t ha ⁻¹ ECaCO ₃											
0	4,2	11	8	0,6	6	2	36	8,7	44,7	19	5,6
0,9	4,2	11	7	0,7	6	2	37	9,0	46,6	19	4,5
1,8	4,5	11	10	0,7	10	3	29	14,0	43,3	32	5,1
3,6	4,6	11	12	0,7	12	4	27	17,0	44,7	37	4,6
Teste F	8,13 ^{**}	0,02 ^{NS}	0,92 ^{NS}	0,47 ^{NS}	6,52 ^{**}	5,57 ^{**}	7,24 ^{**}	6,07 ^{**}	0,34 ^{NS}	10,10 ^{**}	1,85 ^{NS}
Teste F											
(F) x (D)	0,31 ^{NS}	0,50 ^{NS}	1,72 ^{NS}	0,22 ^{NS}	0,24 ^{NS}	0,18 ^{NS}	0,52 ^{NS}	0,18 ^{NS}	0,09 ^{NS}	0,25 ^{NS}	0,12 ^{NS}
C.V. (%)	5,0	19,6	33,1	48,4	38,9	40,8	15,7	38,1	14,4	30,5	22,3

^{**}, * e ^{NS} - Significativo a 1% e 5% de probabilidade e não-significativo, respectivamente. F= fonte de material corretivo; D= dose de material de corretivo em ECaCO₃.

Tabela 4 – Atributos químicos do solo, determinados aos 30 meses após a brotação da cana planta, na camada de 40-60 cm de profundidade, em função da aplicação de duas fontes e quatro doses de material corretivo.

Tratamentos	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg mmol _c dm ⁻³	H+Al mmol _c dm ⁻³	SB	T	V %	Si mg dm ⁻³
Fontes (F)											
Calcário	4,2	10	5	0,4	6	2	39	9,7	49,3	19	5,4
Escória de Siderurgia	4,3	10	6	0,5	7	2	36	10,6	47,3	22	5,7
Teste F	2,33 ^{NS}	0,02 ^{NS}	0,72 ^{NS}	1,95 ^{NS}	0,26 ^{NS}	0,74 ^{NS}	3,07 ^{NS}	0,53 ^{NS}	1,61 ^{NS}	1,20 ^{NS}	0,26 ^{NS}
D.M.S.	0,13	0,89	2,45	0,16	1,77	0,90	3,48	2,64	3,29	5,22	0,94
Doses (D)											
t ha ⁻¹ ECaCO ₃											
0	4,1	9	5	0,4	6	2	39	9,5	49,1	19	5,8
0,9	4,0	10	4	0,4	5	2	41	7,2	49,1	15	5,2
1,8	4,3	10	7	0,4	8	2	36	11,1	47,4	24	5,4
3,6	4,4	10	5	0,4	9	3	34	12,9	47,6	26	5,8
Teste F	4,70*	1,19 ^{NS}	1,41 ^{NS}	0,46 ^{NS}	4,68*	2,11 ^{NS}	3,65**	3,55*	0,32 ^{NS}	4,37*	0,46 ^{NS}
Teste F											
(F) x (D)	0,63 ^{NS}	1,14 ^{NS}	0,87 ^{NS}	0,55 ^{NS}	0,53 ^{NS}	0,47 ^{NS}	1,07 ^{NS}	0,51 ^{NS}	1,44 ^{NS}	0,51 ^{NS}	0,48 ^{NS}
C.V. (%)	4,3	11,8	34,7	30,1	33,8	48,0	12,4	35,3	9,2	33,3	22,9

**, * e ^{NS} - Significativo a 1% e 5% de probabilidade e não-significativo, respectivamente. F= fonte de material corretivo; D= dose de material de corretivo em ECaCO₃.

Tabela 5 – Atributos químicos do solo, determinados aos 36 meses após a brotação da cana planta, na camada de 0-10 cm de profundidade, em função da aplicação de duas fontes e quatro doses de material corretivo.

Tratamentos	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg mmol _c dm ⁻³	H+Al	SB	T	V %	Si mg dm ⁻³
Fontes (F)											
Calcário	4,2	18	15	0,7	9	4	46	14,1	61,1	23	5,9
Escória de Siderurgia	4,3	18	15	0,7	10	5	44	17,0	61,1	27	6,7
Teste F	2,31 ^{NS}	0,04 ^{NS}	0,01 ^{NS}	0,08 ^{NS}	1,76 ^{NS}	5,30*	2,34 ^{NS}	2,81 ^{NS}	0,01 ^{NS}	3,48 ^{NS}	2,56 ^{NS}
D.M.S.	0,11	1,27	1,99	0,18	2,34	1,18	3,82	3,52	3,64	4,67	1,08
Doses (D)											
t ha ⁻¹ ECaCO ₃											
0	3,9	19	18	0,7	3	2	56	6,7	63,3	10	5,3
0,9	4,0	19	15	0,7	6	3	50	11,2	61,6	18	7,1
1,8	4,3	17	13	0,6	10	5	42	16,9	58,9	28	6,3
3,6	4,7	17	14	0,9	17	8	33	27,4	60,5	44	6,7
Teste F	44,98**	1,39 ^{NS}	4,71*	2,55 ^{NS}	29,07**	23,55**	30,86**	27,89**	1,10 ^{NS}	42,18**	2,14 ^{NS}
Teste F											
(F) x (D)	2,34 ^{NS}	0,23 ^{NS}	0,64 ^{NS}	1,04 ^{NS}	2,90 ^{NS}	1,42 ^{NS}	0,59 ^{NS}	2,16 ^{NS}	0,58 ^{NS}	1,93 ^{NS}	1,62 ^{NS}
C.V. (%)	3,8	9,4	17,5	33,9	32,5	32,0	11,4	30,7	3,6	24,8	23,2

**, * e ^{NS} - Significativo a 1% e 5% de probabilidade e não-significativo, respectivamente. F= fonte de material corretivo; D= dose de material de corretivo em ECaCO₃.

Tabela 6 – Atributos químicos do solo, determinados aos 36 meses após a brotação da cana planta, na camada de 10-20 cm de profundidade, em função da aplicação de duas fontes e quatro doses de material corretivo.

Tratamentos	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg mmol _c dm ⁻³	H+Al	SB	T	V %	Si mg dm ⁻³
Fontes (F)											
Calcário	4,2	16	10	0,6	8	3	44	12,9	57,0	23	6,5
Escória de Siderurgia	4,2	16	10	0,5	8	4	43	12,7	56,1	23	5,8
Teste F	0,19 ^{NS}	0,18 ^{NS}	0,15 ^{NS}	1,04 ^{NS}	0,60 ^{NS}	1,71 ^{NS}	0,09 ^{NS}	0,02 ^{NS}	0,14 ^{NS}	0,01 ^{NS}	3,38 ^{NS}
D.M.S.	0,15	1,85	1,65	0,12	2,52	1,19	4,24	3,65	4,93	5,67	0,77
Doses (D)											
t ha ⁻¹ ECaCO ₃											
0	3,9	17	11	0,7	3	2	53	6,0	59,8	10	8,5
0,9	4,1	17	11	0,5	6	2	47	9,7	57,1	17	5,3
1,8	4,3	16	9	0,5	9	4	41	15,0	56,5	27	5,3
3,6	4,6	15	9	0,6	13	6	32	20,5	52,8	37	5,7
Teste F	19,98 ^{**}	0,87 ^{NS}	2,20 ^{NS}	3,07 ^{NS}	13,22 ^{**}	11,22 ^{**}	19,81 ^{**}	12,81 ^{**}	1,45 ^{NS}	19,19 ^{**}	16,99 [*]
Teste F											
(F) x (D)	2,85 ^{NS}	0,06 ^{NS}	0,96 ^{NS}	1,23 ^{NS}	2,73 ^{NS}	2,10 ^{NS}	2,11 ^{NS}	2,45 ^{NS}	0,40 ^{NS}	3,27 [*]	20,80 ^{**}
C.V. (%)	4,8	15,0	21,4	30,1	40,5	42,4	13,1	38,7	11,8	33,4	16,8

^{**}, ^{*} e ^{NS} - Significativo a 1% e 5% de probabilidade e não-significativo, respectivamente. F= fonte de material corretivo; D= dose de material de corretivo em ECaCO₃.

Tabela 7 – Atributos químicos do solo, determinados aos 36 meses após a brotação da cana planta, na camada de 20-40 cm de profundidade, em função da aplicação de duas fontes e quatro doses de material corretivo.

Tratamentos	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg mmol _c dm ⁻³	H+Al mmol _c dm ⁻³	SB	T	V %	Si mg dm ⁻³
Fontes (F)											
Calcário	4,1	13	7	0,4	6	3	40	10	50,5	20	5,1
Escória de Siderurgia	4,1	13	6	0,5	6	3	40	10	51,7	20	5,5
Teste F	0,01 ^{NS}	0,04 ^{NS}	0,64 ^{NS}	0,44 ^{NS}	0,06 ^{NS}	0,99 ^{NS}	0,24 ^{NS}	0,07 ^{NS}	0,49 ^{NS}	0,03 ^{NS}	2,06 ^{NS}
D.M.S.	0,12	1,33	2,91	0,13	2,13	1,30	3,43	3,36	3,65	4,80	17,08
Doses (D)											
t ha ⁻¹ ECaCO ₃											
0	4,0	13	6	0,6	5	2	45	8	53,5	15	6,0
0,9	4,0	13	6	0,5	5	2	44	8	53,0	16	5,0
1,8	4,2	13	8	0,4	7	3	37	11	48,0	23	5,2
3,6	4,3	13	7	0,5	8	4	35	13	49,6	26	5,1
Teste F	7,11 ^{**}	0,03 ^{NS}	0,48 ^{NS}	1,67 ^{NS}	2,27 ^{NS}	3,29 [*]	8,66 ^{**}	2,63 ^{NS}	1,95 ^{NS}	4,95 ^{**}	2,33 ^{NS}
Teste F											
(F) x (D)	3,10 [*]	0,78 ^{NS}	0,71 ^{NS}	0,37 ^{NS}	1,98 ^{NS}	1,70 ^{NS}	2,42 ^{NS}	1,86 ^{NS}	0,94 ^{NS}	3,10 [*]	0,76 ^{NS}
C.V. (%)	4,1	13,2	35,6	36,3	42,9	52,7	11,5	42,9	9,7	32,3	17,0

^{**}, ^{*} e ^{NS} - Significativo a 1% e 5% de probabilidade e não-significativo, respectivamente. F= fonte de material corretivo; D= dose de material de corretivo em ECaCO₃.

Tabela 8 – Atributos químicos do solo, determinados aos 36 meses após a brotação da cana planta, na camada de 40-60 cm de profundidade, em função da aplicação de duas fontes e quatro doses de material corretivo.

Tratamentos	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg mmol _c dm ⁻³	H+Al mmol _c dm ⁻³	SB	T	V %	Si mg dm ⁻³
Fontes (F)											
Calcário	4,3	12	5	0,3	7	3	37	11,9	49,6	24	6,5
Escória de Siderurgia	4,4	12	5	0,4	7	4	37	11,6	49,3	23	5,7
Teste F	0,60 ^{NS}	0,42 ^{NS}	0,99 ^{NS}	0,43 ^{NS}	0,24 ^{NS}	0,05 ^{NS}	0,01 ^{NS}	0,04 ^{NS}	0,04 ^{NS}	0,03 ^{NS}	2,99 ^{NS}
D.M.S.	0,45	1,00	1,04	0,09	1,85	1,21	0,03	2,92	3,09	5,51	0,91
Doses (D)											
t ha ⁻¹ ECaCO ₃											
0	4,1	12	5	0,4	6	3	41	10,4	51,7	20	7,0
0,9	4,6	12	4	0,4	7	3	40	10,9	50,9	21	5,7
1,8	4,3	13	5	0,3	7	4	35	12,7	47,9	26	5,9
3,6	4,4	11	5	0,3	8	4	34	13,1	47,3	27	5,9
Teste F	0,76 ^{NS}	1,41 ^{NS}	1,12 ^{NS}	1,43 ^{NS}	0,62 ^{NS}	1,59 ^{NS}	5,61 ^{**}	0,86 ^{NS}	2,08 ^{NS}	1,68 ^{NS}	1,81 ^{NS}
Teste F											
(F) x (D)	0,51 ^{NS}	1,82 ^{NS}	1,04 ^{NS}	0,47 ^{NS}	2,05 ^{NS}	1,17 ^{NS}	1,94 ^{NS}	1,86 ^{NS}	0,30 ^{NS}	2,27 ^{NS}	1,86 ^{NS}
C.V. (%)	14,0	10,8	26,3	33,5	33,8	42,0	10,9	33,7	8,5	31,2	20,2

**, * e ^{NS} - Significativo a 1% e 5% de probabilidade e não-significativo, respectivamente. F= fonte de material corretivo; D= dose de material de corretivo em ECaCO₃.

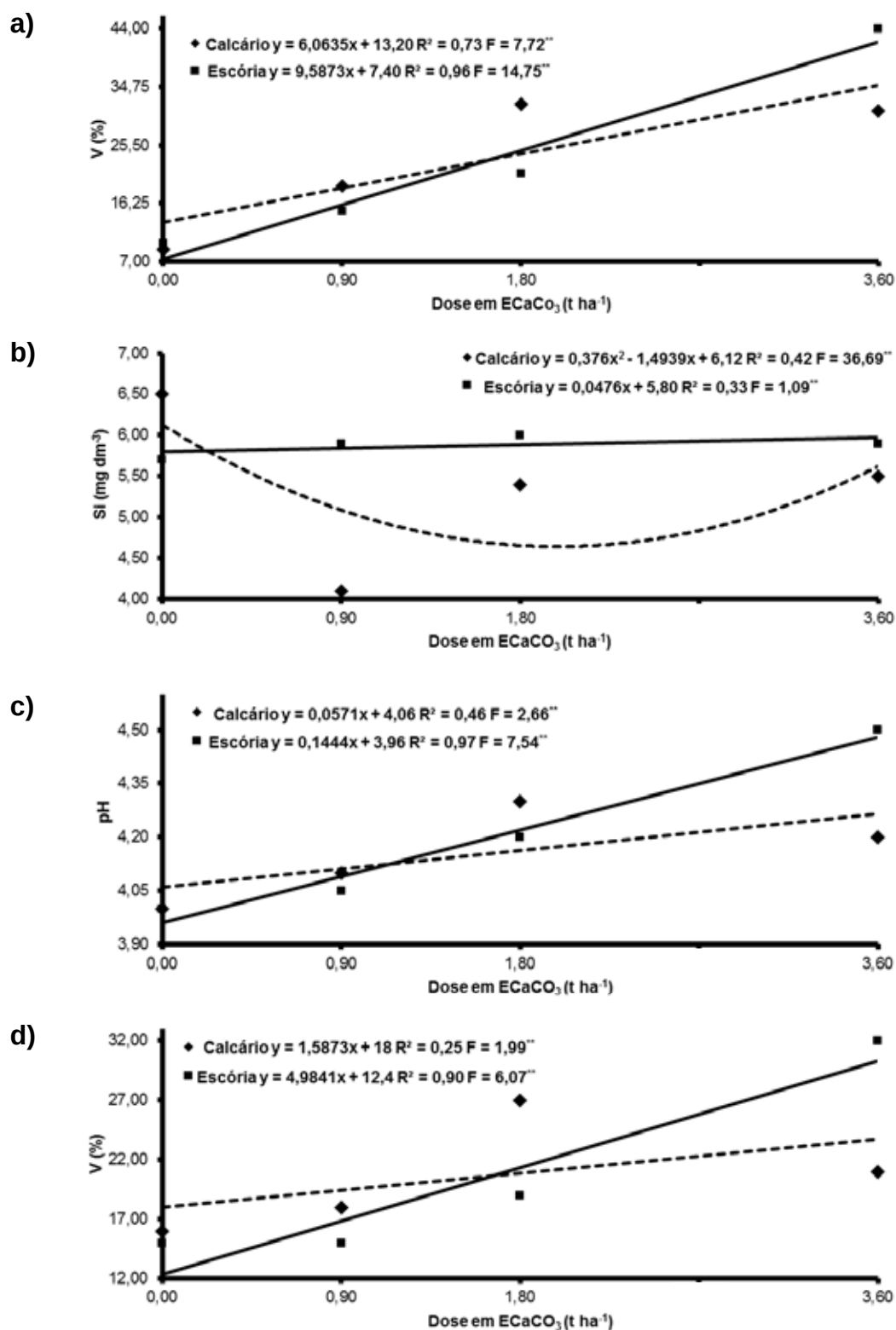


Figura 1 – Valores de V (a) e a concentração de Si (b), na camada de 10-20 cm de profundidade, aos 36 meses após a brotação da cana planta, o pH (c) e os valores de V (d), na camada de 20-40 cm de profundidade, aos 36 meses após a brotação da cana planta, em função da aplicação de calcário e da escória de siderurgia. ** - Significativo a 1% de probabilidade.

Aos 42 meses após a brotação da cana planta, observou-se na camada de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm de profundidade, que não houveram efeitos significativos para fontes (Tabelas 9, 10, 11, 12).

Houveram efeitos significativos para doses, na camada de 0-10 cm de profundidade, para as variáveis pH, Ca, Mg, H+Al, SB, V e Si (Tabela 9), na camada de 10-20 cm de profundidade também houveram efeitos significativos para as variáveis pH, Ca, Mg, H+Al, SB, T, V e Si (Tabela 10), na camada de 20-40 cm de profundidade foram significativos para as variáveis Ca, Mg, H+Al, SB e V (Tabela 11), e, na camada de 40-60 cm de profundidade houve efeito significativo apenas para a variável H+Al, (Tabela 12).

Não houveram efeitos para interação entre fontes e doses para as camadas de 0-10 e 40-60 cm de profundidade aos 42 meses após a brotação da cana planta, em função da aplicação de calcário e de escória de siderurgia (Tabelas 9 e 12). Porém, houve efeito significativo de interação para fontes e doses na camada de 10-20 cm de profundidade apenas para a variável Si (Tabela 10) e ainda na camada de 20-40 cm de profundidade apenas para a variável Mg (Tabela 11).

Aos 48 meses após a brotação da cana planta, não houveram efeitos significativos para fontes, em todas as camadas de solo estudadas.

Houveram efeitos significativos para doses, na camada de 0-10 cm de profundidade, para as variáveis pH, Ca, Mg, H+Al, SB, V e Si (Tabela 13), na camada de 10-20 cm de profundidade também houveram efeitos significativos para as variáveis pH, Ca, Mg, H+Al, SB e V (Tabela 14), na camada de 20-40 cm de profundidade foram significativos para as variáveis pH, Mg e V (Tabela 15), e, na camada de 40-60 cm de profundidade não houveram efeitos significativos (Tabela 16).

Não houveram efeitos para interação entre fontes e doses para a camada de 10-20 (Tabela 14) e 40-60 cm de profundidade (Tabela 16), porém houve interação entre fontes e doses com efeito significativo na camada de 0-10 cm de profundidade aos 48 meses após a brotação da cana planta para as variáveis H+Al, T, e Si (Tabela 13), e, ainda, houve efeito significativo na camada de 20-40 cm de profundidade para as variáveis pH e V (Tabela 15), em função da aplicação de materiais corretivos no solo.

Com base nos resultados obtidos das amostras da camada de 10-20 cm de profundidade, aos 42 meses após a brotação da cana planta, observou-se um acréscimo, com ajuste linear nos valores de Si, em função da aplicação de escória de siderurgia, indo de 6,5 a 8,5 mg dm⁻³, com o aumento das doses, enquanto que para calcário apresentou-se um ajuste quadrático (Figura 2a).

Com relação a concentração de Mg no solo da camada de 20-40 cm de profundidade, aos 42 meses após a brotação da cana planta, observou-se um incremento com ajuste linear crescente para a escória aplicada e ajuste quadrático para o calcário aplicado (Figura 2b).

Notou-se nos valores de H+Al da camada de 0-10 cm de profundidade, aos 48 meses após a brotação da cana planta, um decréscimo com ajuste linear em função da escória de siderurgia aplicada e para o calcário apresentou-se com ajuste quadrático (Figura 2c), isto evidencia o reflexo do aumento dos valores de pH com o aumento das doses aplicadas. Ainda nesta camada de solo estudada, observou-se para os valores de T (Figura 2d) incrementos com ajustes quadráticos para ambas as fontes de materiais corretivos aplicados. Também nesta mesma camada de solo, pode-se notar um acréscimo, com ajuste linear, para o Si (Figura 3a) com a escória de siderurgia aplicada, indo de 4,2 a 5,5 mg dm⁻³ com o aumento das doses, porém para o calcário o efeito foi apresentado com ajuste quadrático.

Observou-se também, na camada de 20-40 cm de profundidade, aos 48 meses após a brotação da cana planta, para os valores de pH um acréscimo, com ajuste linear em função da escória de siderurgia aplicada e um ajuste quadrático para o calcário aplicado no solo (Figura 3b), isto, pode ter refletido positivamente nos valores de V, que nesta mesma camada de solo um incremento com ajuste linear crescente para a escória de siderurgia aplicada no solo, indo de 12 a 31% e para o calcário aplicado no solo apresentou-se incremento com ajuste quadrático (Figura 3c).

Tabela 9 – Atributos químicos do solo, determinados aos 42 meses após a brotação da cana planta, na camada de 0-10 cm de profundidade, em função da aplicação de duas fontes e quatro doses de material corretivo.

Tratamentos	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg mmol _c dm ⁻³	H+Al	SB	T	V %	Si mg dm ⁻³
Fontes (F)											
Calcário	4,0	17	12	1,3	5	2	55	9,5	65,1	15	7,3
Escória de Siderurgia	4,0	16	12	1,4	5	2	53	9,1	62,6	15	7,5
Teste F	0,01 ^{NS}	0,20 ^{NS}	0,09 ^{NS}	0,08 ^{NS}	0,83 ^{NS}	0,43 ^{NS}	0,71 ^{NS}	0,17 ^{NS}	1,27 ^{NS}	0,01 ^{NS}	0,76 ^{NS}
D.M.S.	0,12	1,15	2,11	0,44	1,57	0,59	4,9	2,23	4,50	3,94	0,56
Doses (D)											
t ha ⁻¹ ECaCO ₃											
0	3,7	17	14	1,0	2	1	62	4,0	66,5	6	6,4
0,9	3,8	17	12	1,4	3	1	59	6,5	66,0	10	7,0
1,8	4,0	17	12	1,3	5	2	54	9,2	64,0	14	7,7
3,6	4,4	16	11	1,8	11	4	41	17,5	58,9	30	8,4
Teste F	22,60**	0,30 ^{NS}	0,98 ^{NS}	2,11 ^{NS}	30,50**	24,52**	15,52**	29,82**	2,58 ^{NS}	31,79**	10,52**
Teste F											
(F) x (D)	0,68 ^{NS}	0,51 ^{NS}	0,35 ^{NS}	0,24 ^{NS}	0,32 ^{NS}	1,20 ^{NS}	2,36 ^{NS}	0,38 ^{NS}	2,27 ^{NS}	0,49 ^{NS}	2,44 ^{NS}
C.V. (%)	4,1	9,2	22,6	33,2	38,2	34,4	12,2	32,5	9,5	35,2	10,3

**, * e ^{NS} - Significativo a 1% e 5% de probabilidade e não-significativo, respectivamente. F= fonte de material corretivo; D= dose de material de corretivo em ECaCO₃.

Tabela 10 – Atributos químicos do solo, determinados aos 42 meses após a brotação da cana planta, na camada de 10-20 cm de profundidade, em função da aplicação de duas fontes e quatro doses de material corretivo.

Tratamentos	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg mmol _c dm ⁻³	H+Al mmol _c dm ⁻³	SB	T	V %	Si mg dm ⁻³
Fontes (F)											
Calcário	4,1	16	9	0,9	7	2	48	10,7	59,0	18	7,1
Escória de Siderurgia	4,1	15	9	1,0	5	2	48	9,5	57,7	17	7,4
Teste F	0,12 ^{NS}	1,10 ^{NS}	0,01 ^{NS}	0,12 ^{NS}	1,74 ^{NS}	0,01 ^{NS}	0,02 ^{NS}	0,76 ^{NS}	1,56 ^{NS}	0,41 ^{NS}	0,41 ^{NS}
D.M.S.	0,15	1,85	1,84	0,33	1,87	0,73	3,54	2,69	2,30	5,07	5,07
Doses (D)											
t ha ⁻¹ ECaCO ₃											
0	3,8	14	11	0,7	2	1	59	4,6	64,1	7	6,8
0,9	3,9	16	9	0,9	4	1	50	7,1	58,0	12	7,0
1,8	4,1	16	9	0,9	7	3	46	11,1	57,3	19	7,5
3,6	4,5	15	9	1,3	11	4	36	17,5	54,0	32	7,7
Teste F	14,85**	0,67 ^{NS}	1,44 ^{NS}	1,99 ^{NS}	19,83**	15,73**	31,69**	18,82**	14,50**	20,94**	3,51*
Teste F											
(F) x (D)	0,42 ^{NS}	1,46 ^{NS}	0,57 ^{NS}	0,12 ^{NS}	0,03 ^{NS}	0,58 ^{NS}	1,27 ^{NS}	0,09 ^{NS}	2,34 ^{NS}	0,12 ^{NS}	3,31*
C.V. (%)	5,0	16,0	25,4	36,0	39,0	38,3	9,9	36,2	38,5	38,5	9,1

^{**}, ^{*} e ^{NS} - Significativo a 1% e 5% de probabilidade e não-significativo, respectivamente. F= fonte de material corretivo; D= dose de material de corretivo em ECaCO₃.

Tabela 11 – Atributos químicos do solo, determinados aos 42 meses após a brotação da cana planta, na camada de 20-40 cm de profundidade, em função da aplicação de duas fontes e quatro doses de material corretivo.

Tratamentos	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg mmol _c dm ⁻³	H+Al mmol _c dm ⁻³	SB	T	V %	Si mg dm ⁻³
Fontes (F)											
Calcário	3,8	13	6	0,6	5	2	43	8,4	51,4	17	6,9
Escória de Siderurgia	4,1	12	6	0,7	5	2	41	8,6	49,9	17	6,9
Teste F	1,43 ^{NS}	0,54 ^{NS}	0,01 ^{NS}	1,22 ^{NS}	0,08 ^{NS}	0,92 ^{NS}	0,35 ^{NS}	0,04 ^{NS}	0,26 ^{NS}	0,11 ^{NS}	0,01 ^{NS}
D.M.S.	0,42	1,77	1,12	0,22	1,40	0,54	6,12	1,88	6,36	3,88	0,54
Doses (D)											
t ha ⁻¹ ECaCO ₃											
0	3,9	12	6	0,5	3	1	47	5,8	52,8	11	6,7
0,9	3,9	13	7	0,6	4	2	45	7,5	52,8	14	6,8
1,8	4,1	12	6	0,6	5	2	41	8,3	49,9	17	7,0
3,6	4,0	12	6	0,8	8	3	34	12,3	47,1	26	7,1
Teste F	0,22 ^{NS}	0,50 ^{NS}	0,69 ^{NS}	0,84 ^{NS}	7,52 ^{**}	9,92 ^{**}	3,32 [*]	9,13 ^{**}	0,78 ^{NS}	12,06 ^{**}	0,45 ^{NS}
Teste F											
(F) x (D)	1,79 ^{NS}	0,38 ^{NS}	1,36 ^{NS}	0,59 ^{NS}	1,93 ^{NS}	3,23 [*]	0,88 ^{NS}	2,51 ^{NS}	0,35 ^{NS}	2,19 ^{NS}	0,35 ^{NS}
C.V. (%)	14,4	18,5	23,0	45,7	35,2	30,1	19,7	30,1	17,0	30,4	10,7

**, * e ^{NS} - Significativo a 1% e 5% de probabilidade e não-significativo, respectivamente. F= fonte de material corretivo; D= dose de material de corretivo em ECaCO₃.

Tabela 12 – Atributos químicos do solo, determinados aos 42 meses após a brotação da cana planta, na camada de 40-60 cm de profundidade, em função da aplicação de duas fontes e quatro doses de material corretivo.

Tratamentos	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg mmol _c dm ⁻³	H+Al	SB	T	V %	Si mg dm ⁻³
Fontes (F)											
Calcário	4,0	11	4	0,3	4	2	40	7,4	48,2	15	7,0
Escória de Siderurgia	4,1	10	4	0,4	6	2	39	9,1	49,1	18	7,1
Teste F	1,63 ^{NS}	0,26 ^{NS}	0,02 ^{NS}	1,68 ^{NS}	1,19 ^{NS}	1,15 ^{NS}	0,16 ^{NS}	1,33 ^{NS}	0,21 ^{NS}	1,45 ^{NS}	0,20 ^{NS}
D.M.S.	0,13	1,28	0,91	0,13	2,0	1,09	4,21	3,07	4,01	6,03	0,64
Doses (D)											
t ha ⁻¹ ECaCO ₃											
0	4,0	10	4	0,4	4	2	45	7,1	52,2	13	7,0
0,9	4,0	10	4	0,4	5	2	42	7,7	50,0	15	7,1
1,8	4,1	11	5	0,3	5	2	40	8,1	48,1	16	7,1
3,6	4,2	11	4	0,4	6	3	34	10,3	44,3	22	7,1
Teste F	3,14 ^{NS}	0,75 ^{NS}	0,98 ^{NS}	0,20 ^{NS}	0,82 ^{NS}	0,96 ^{NS}	5,41 ^{**}	0,85 ^{NS}	3,07 ^{NS}	1,77 ^{NS}	0,02 ^{NS}
Teste F											
(F) x (D)	2,35 ^{NS}	0,48 ^{NS}	0,88 ^{NS}	1,39 ^{NS}	1,04 ^{NS}	0,73 ^{NS}	0,03 ^{NS}	0,81 ^{NS}	0,26 ^{NS}	0,86 ^{NS}	0,36 ^{NS}
C.V. (%)	4,3	15,6	26,4	44,0	40,1	30,0	14,2	50,1	11,2	47,9	12,3

**, * e ^{NS} - Significativo a 1% e 5% de probabilidade e não-significativo, respectivamente. F= fonte de material corretivo; D= dose de material de corretivo em ECaCO₃.

Tabela 13 – Atributos químicos do solo, determinados aos 48 meses após a brotação da cana planta, na camada de 0-10 cm de profundidade, em função da aplicação de duas fontes e quatro doses de material corretivo.

Tratamentos	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg mmol _c dm ⁻³	H+Al mmol _c dm ⁻³	SB	T	V %	Si mg dm ⁻³
Fontes (F)											
Calcário	4,0	16	11	1,0	7	2	56	11,2	67,4	16	4,8
Escória de Siderurgia	4,2	16	10	0,8	9	3	51	14,4	65,7	21	5,0
Teste F	1,85 ^{NS}	0,25 ^{NS}	0,72 ^{NS}	1,33 ^{NS}	1,63 ^{NS}	2,70 ^{NS}	2,97 ^{NS}	1,74 ^{NS}	0,68 ^{NS}	2,30 ^{NS}	0,96 ^{NS}
D.M.S.	0,18	1,03	2,44	0,36	3,66	1,42	5,81	5,00	4,13	6,93	0,33
Doses (D)											
t ha ⁻¹ ECaCO ₃											
0	3,8	16	13	1,1	4	1	63	7,0	70,0	9	4,4
0,9	4,0	17	11	0,8	6	1	58	8,7	67,1	13	4,8
1,8	4,3	17	9	0,7	13	4	44	18,6	65,4	27	5,2
3,6	4,2	15	10	1,1	11	4	46	17,0	63,7	26	5,2
Teste F	6,97 ^{**}	1,91 ^{NS}	2,37 ^{NS}	1,16 ^{NS}	5,92 ^{**}	5,49 [*]	8,75 ^{**}	5,85 ^{**}	1,82 ^{NS}	7,38 ^{**}	5,76 ^{**}
Teste F											
(F) x (D)	2,14 ^{NS}	0,81 ^{NS}	1,71 ^{NS}	0,65 ^{NS}	1,45 ^{NS}	1,17 ^{NS}	4,66 [*]	1,36 ^{NS}	5,53 ^{**}	2,06 ^{NS}	3,73 [*]
C.V. (%)	5,9	8,3	30,0	39,0	56,5	33,0	14,7	52,9	8,4	48,6	9,1

^{**}, ^{*} e ^{NS} - Significativo a 1% e 5% de probabilidade e não-significativo, respectivamente. F= fonte de material corretivo; D= dose de material de corretivo em ECaCO₃.

Tabela 14 – Atributos químicos do solo, determinados aos 48 meses após a brotação da cana planta, na camada de 10-20 cm de profundidade, em função da aplicação de duas fontes e quatro doses de material corretivo.

Tratamentos	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg mmol _c dm ⁻³	H+Al	SB	T	V %	Si mg dm ⁻³
Fontes (F)											
Calcário	4,0	15	9	0,6	7	2	54	9,9	64,6	15	4,7
Escória de Siderurgia	4,2	16	9	0,8	9	3	51	14,2	65,5	21	4,9
Teste F	2,05 ^{NS}	0,72 ^{NS}	0,06 ^{NS}	0,40 ^{NS}	1,57 ^{NS}	3,05 ^{NS}	1,74 ^{NS}	1,99 ^{NS}	0,14 ^{NS}	1,98 ^{NS}	2,16 ^{NS}
D.M.S.	0,20	1,22	2,07	0,36	4,66	1,63	5,41	6,33	4,71	7,76	0,35
Doses (D)											
t ha ⁻¹ ECaCO ₃											
0	3,8	15	11	0,6	3	1	62	5,0	67,7	7	4,7
0,9	4,0	16	9	0,7	6	1	58	8,4	66,7	13	4,5
1,8	4,4	16	8	0,6	12	5	45	18,2	63,2	27	5,0
3,6	4,3	15	8	0,9	12	3	46	16,6	62,7	25	5,1
Teste F	6,46 ^{**}	1,29 ^{NS}	1,56 ^{NS}	0,85 ^{NS}	4,33 [*]	4,73 [*]	11,48 ^{**}	4,39 [*]	1,20 ^{NS}	6,68 ^{**}	2,64 ^{NS}
Teste F											
(F) x (D)	2,27 ^{NS}	2,13 ^{NS}	1,50 ^{NS}	1,21 ^{NS}	1,96 ^{NS}	1,50 ^{NS}	2,15 ^{NS}	1,87 ^{NS}	1,34 ^{NS}	2,66 ^{NS}	2,83 ^{NS}
C.V. (%)	6,8	10,4	29,8	38,5	44,9	37,9	13,8	32,0	9,8	57,4	9,8

^{**}, ^{*} e ^{NS} - Significativo a 1% e 5% de probabilidade e não-significativo, respectivamente. F= fonte de material corretivo; D= dose de material de corretivo em ECaCO₃.

Tabela 15 – Atributos químicos do solo, determinados aos 48 meses após a brotação da cana planta, na camada de 20-40 cm de profundidade, em função da aplicação de duas fontes e quatro doses de material corretivo.

Tratamentos	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg mmol _c dm ⁻³	H+Al mmol _c dm ⁻³	SB	T	V %	Si mg dm ⁻³
Fontes (F)											
Calcário	4,1	13	6	0,5	6	2	47	9,5	57,4	16	4,8
Escória de Siderurgia	4,1	13	5	0,5	7	2	45	11,1	56,8	19	4,9
Teste F	1,38 ^{NS}	0,05 ^{NS}	0,99 ^{NS}	0,18 ^{NS}	0,30 ^{NS}	3,43 ^{NS}	0,78 ^{NS}	0,79 ^{NS}	0,06 ^{NS}	1,67 ^{NS}	1,07 ^{NS}
D.M.S.	0,14	1,74	1,4	0,15	2,83	0,98	5,14	3,73	5,18	5,32	0,31
Doses (D)											
t ha ⁻¹ ECaCO ₃											
0	3,9	13	5	0,5	5	1	51	7,8	59,3	12	4,9
0,9	4,0	13	5	0,5	5	1	48	7,2	55,7	13	4,8
1,8	4,2	14	6	0,5	9	3	44	13,8	58,6	23	4,9
3,6	4,2	13	6	0,5	8	3	42	12,4	55,0	22	4,9
Teste F	5,08 ^{**}	0,39 ^{NS}	0,75 ^{NS}	0,23 ^{NS}	3,00 ^{NS}	4,06 [*]	2,54 ^{NS}	3,37 ^{NS}	0,72 ^{NS}	4,90 ^{**}	0,16 ^{NS}
Teste F											
(F) x (D)	3,29 [*]	0,20 ^{NS}	0,93 ^{NS}	0,53 ^{NS}	2,06 ^{NS}	2,92 ^{NS}	1,32 ^{NS}	2,33 ^{NS}	0,05 ^{NS}	3,71 [*]	0,59 ^{NS}
C.V. (%)	4,7	17,2	33,0	39,4	42,7	31,3	14,9	49,0	12,3	40,4	8,7

^{**}, ^{*} e ^{NS} - Significativo a 1% e 5% de probabilidade e não-significativo, respectivamente. F= fonte de material corretivo; D= dose de material de corretivo em ECaCO₃.

Tabela 16 – Atributos químicos do solo, determinados aos 48 meses após a brotação da cana planta, na camada de 40-60 cm de profundidade, em função da aplicação de duas fontes e quatro doses de material corretivo.

Tratamentos	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg mmol _c dm ⁻³	H+Al mmol _c dm ⁻³	SB	T	V %	Si mg dm ⁻³
Fontes (F)											
Calcário	4,2	11	4	0,4	7	2	40	10,4	51,2	19	4,8
Escória de Siderurgia	4,2	11	4	0,6	9	3	41	13,4	54,4	23	4,8
Teste F	0,58 ^{NS}	0,15 ^{NS}	0,02 ^{NS}	0,69 ^{NS}	1,09 ^{NS}	0,85 ^{NS}	0,01 ^{NS}	1,14 ^{NS}	1,64 ^{NS}	1,23 ^{NS}	0,01 ^{NS}
D.M.S.	0,20	1,67	1,06	0,59	4,49	0,98	4,94	5,70	5,15	7,97	0,36
Doses (D)											
t ha ⁻¹ ECaCO ₃											
0	4,1	11	3	0,4	6	2	44	8,8	53,5	16	5,0
0,9	4,1	12	3	0,4	8	2	42	10,7	53,6	19	4,9
1,8	4,2	12	4	0,4	9	3	39	12,8	52,3	23	4,6
3,6	4,3	11	4	0,9	11	3	36	15,4	51,8	27	4,7
Teste F	1,41 ^{NS}	0,51 ^{NS}	1,90 ^{NS}	0,78 ^{NS}	0,93 ^{NS}	1,73 ^{NS}	2,43 ^{NS}	1,07 ^{NS}	0,14 ^{NS}	1,54 ^{NS}	1,08 ^{NS}
Teste F											
(F) x (D)	1,28 ^{NS}	0,22 ^{NS}	1,10 ^{NS}	1,05 ^{NS}	0,68 ^{NS}	1,26 ^{NS}	0,81 ^{NS}	0,90 ^{NS}	0,51 ^{NS}	0,84 ^{NS}	0,13 ^{NS}
C.V. (%)	6,55	19,6	33,6	47,0	41,0	38,3	16,4	64,8	13,2	49,7	10,3

***, * e ^{NS} - Significativo a 1% e 5% de probabilidade e não-significativo, respectivamente. F= fonte de material corretivo; D= dose de material de corretivo em ECaCO₃.

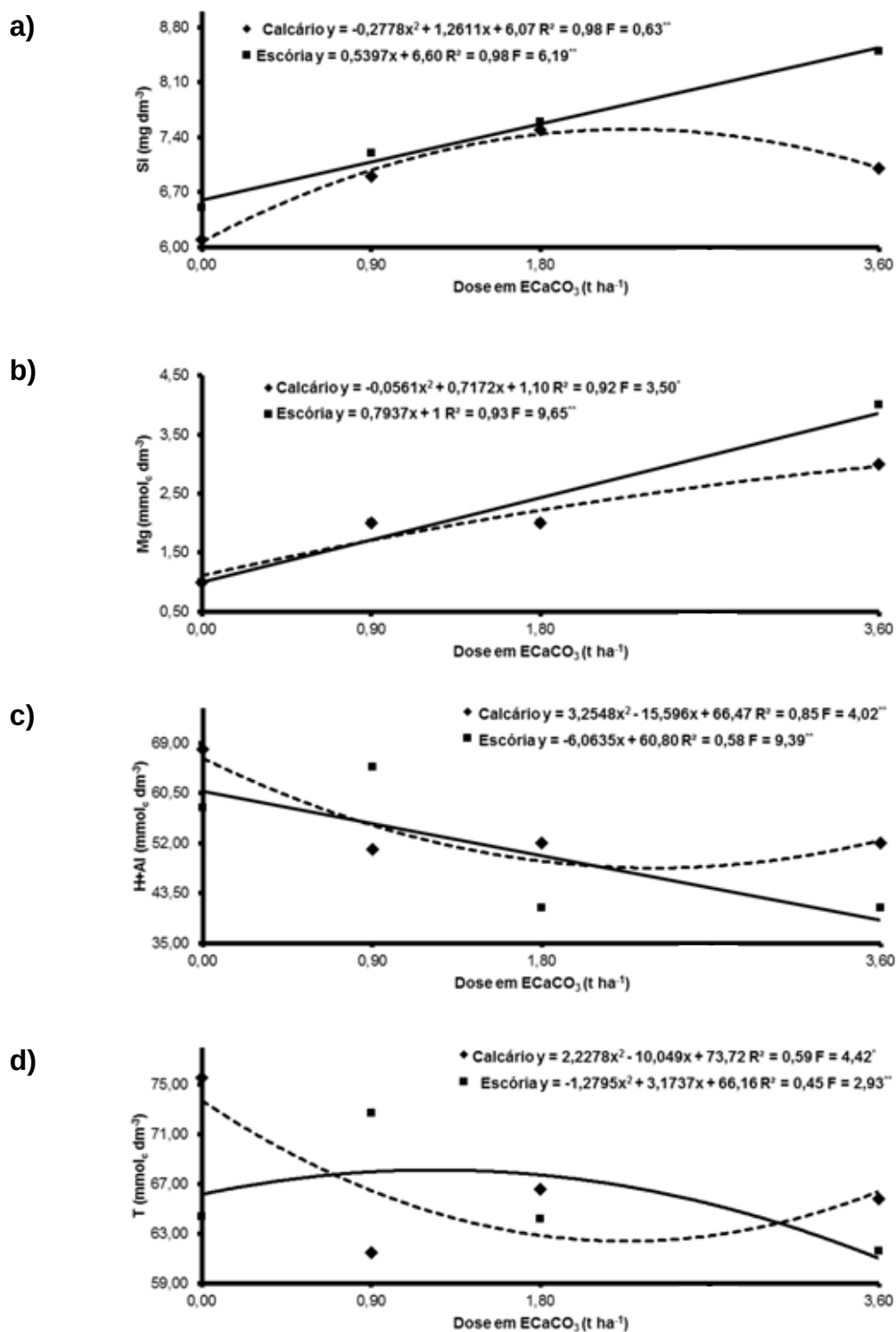


Figura 2 – Concentrações de Si (a) na camada de 10-20 cm de profundidade, aos 42 meses após a brotação da cana planta, Mg (b), na camada de 20-40 cm de profundidade, aos 42 meses após a brotação da cana planta, H+Al (c) e valores de T (d) na camada de 0-10 cm de profundidade, aos 48 meses após a brotação da cana planta, em função da aplicação de calcário e escória de siderurgia. **, * - Significativo a 1% e 5% de probabilidade.

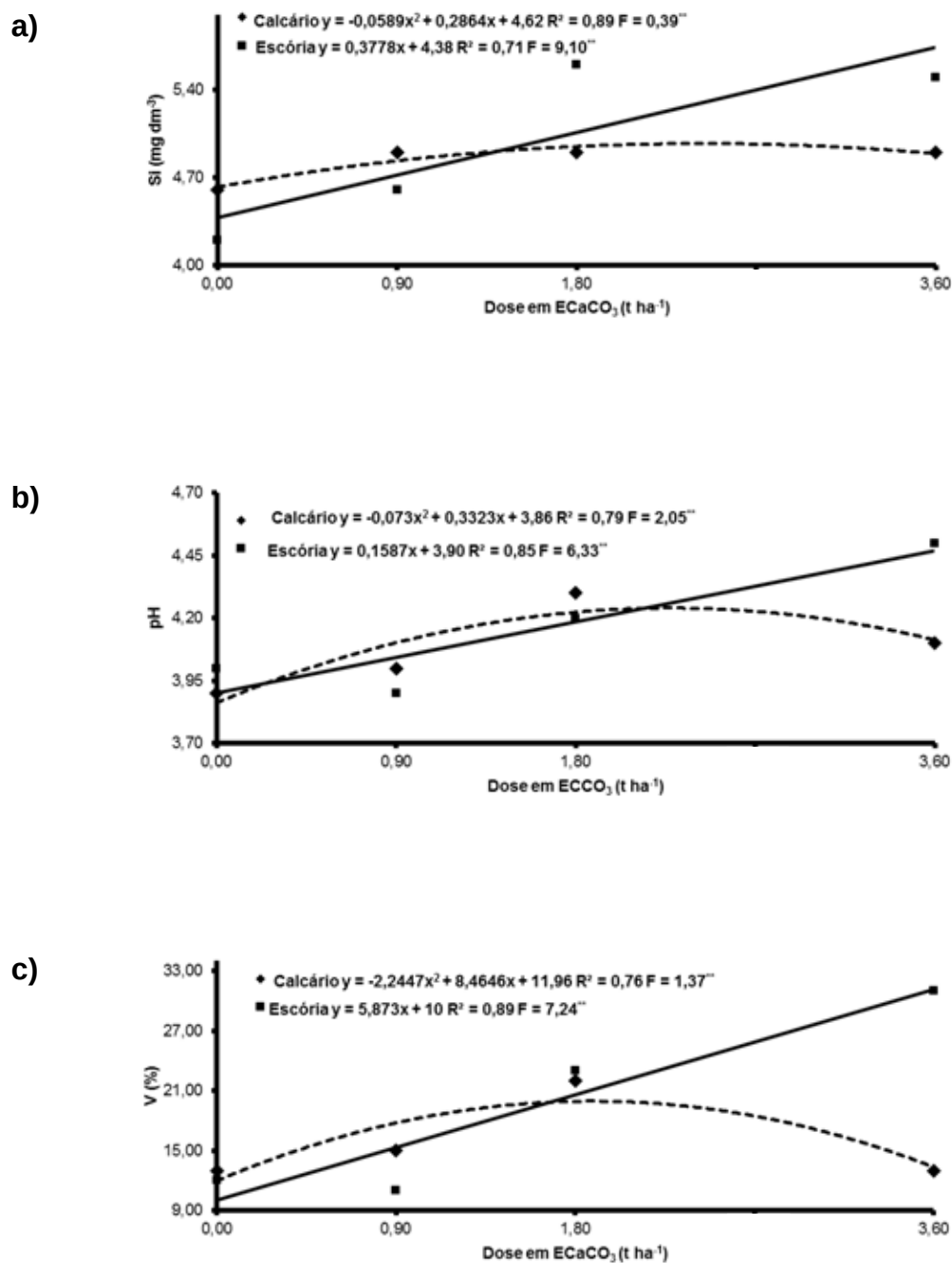


Figura 3 – Concentrações de Si (a) na camada de 0-10 cm de profundidade, aos 48 meses após a brotação da cana planta, o pH (b) e os valores de V (c), na camada de 20-40 cm de profundidade, aos 48 meses após a brotação da cana planta, em função da aplicação de calcário e escória de siderurgia. ** - Significativo a 1% de probabilidade.

5.1.2 Efeitos da aplicação da escória de siderurgia nos teores de metais potencialmente tóxicos (Cd, Cr, Ni e Pb) no solo cultivado na segunda e terceira soqueiras

Com a aplicação da escória de siderurgia no solo houve efeito significativo para as concentrações dos metais potencialmente tóxicos no solo (Cd, Cr, Ni e Pb), aos 30 e 36 meses após a aplicação do material corretivo, utilizando-se a metodologia da USEPA (Tabela 17). Enquanto as determinações do Cd e Ni utilizando-se a solução extratora Mehlich 3, não houve detecção nas leituras realizadas com absorção atômica (Tabela 18), exceto para as determinações do Cr e Pb analisados por esta metodologia que houve efeito significativo, aos 30 e 36 meses após a aplicação da escória de siderurgia.

Observou-se efeito com ajuste quadrático nas concentrações de Cd, Cr, Ni e Pb determinadas pela metodologia da USEPA, aos 30 meses após a escória aplicada (Figura 4a, 4b, 4c, 4d) e aos 36 meses após a escória aplicada (Figura 4e, 4f, 4g, 4h).

Constatou-se, ainda, efeito com ajuste quadrático nas concentrações de Cr e Pb determinadas pela metodologia MEHLICH 3, aos 30 meses após a escória aplicada (Figura 5a, 5b) e aos 36 meses após a escória aplicada (Figura 5c, 5d).

Conforme evidenciado nas representações gráficas das figuras 4; 5; 6 e 7, para os elementos estudados (Cd, Cr, Ni e Pb), verifica-se que a dose de 1,8 t ha⁻¹ de escória aplicada (em ECaCO₃) é a dose aproximada em que ocorre os pontos de máxima concentração de metais no solo, para ambas as metodologias utilizadas, implicando-se com isto, que após a aplicação de material corretivo no solo, e conseqüentemente a elevação do pH do solo, há nitidamente uma redução da concentração do metal potencialmente tóxico em forma disponível mediante a precipitação desse com o íon silicato, explicando-se assim a diminuição da concentração de metais potencialmente tóxicos no solo com o aumento das doses do material corretivo. Essa reação pode reduzir a biodisponibilidade de metais pesados no solo (CHLOPECKA & ADRIANO, 1996).

Tabela 17 – Concentração de Cd, Cr, Ni e Pb no solo, extraídos pelo método da USEPA, aos 30 e 36 meses após a aplicação da escória, na camada de 0-10 cm de profundidade, em função da aplicação da escória de siderurgia.

Doses de escória (t ha ⁻¹ ECaCO ₃)	Cd	Cr	Ni	Pb
	----- mg kg ⁻¹ -----			
	30 meses			
0	0,46	21,13	4,70	17,57
0,9	0,62	25,55	5,78	18,13
1,8	0,70	27,94	5,49	18,54
3,6	0,46	22,09	4,59	14,08
Teste F	11,74**	61,36**	6,16*	17,15*
C.V. (%)	12,3	3,3	9,1	5,7
	36 meses			
0	0,51	21,95	4,82	18,43
0,9	0,66	26,37	6,14	19,22
1,8	0,72	28,50	5,59	19,63
3,6	0,55	23,15	4,94	14,92
Teste F	5,81*	39,07**	6,47*	21,10**
C.V. (%)	13,3	3,8	8,9	5,1

*, ** - Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 18 – Concentração de Cd, Cr, Ni e Pb no solo, extraídos pela solução de MEHLICH 3, aos 30 e 36 meses após a aplicação da escória, na camada de 0-10 cm de profundidade, em função da aplicação da escória de siderurgia.

Doses de escória (t ha ⁻¹ ECaCO ₃)	Cd	Cr	Ni	Pb
	----- mg kg ⁻¹ -----			
	30 meses			
0	nd	0,15	nd	0,77
0,9	nd	0,25	nd	0,81
1,8	nd	0,28	nd	1,41
3,6	nd	0,21	nd	0,95
Teste F	---	16,50**	---	23,10**
C.V. (%)	---	12,8	---	12,3
	36 meses			
0	nd	0,20	nd	0,82
0,9	nd	0,25	nd	0,81
1,8	nd	0,36	nd	1,48
3,6	nd	0,31	nd	1,05
Teste F	---	11,64**	---	21,27**
C.V. (%)	---	14,8	---	13,0

** - Significativo a 1% de probabilidade. (nd= não detectado)

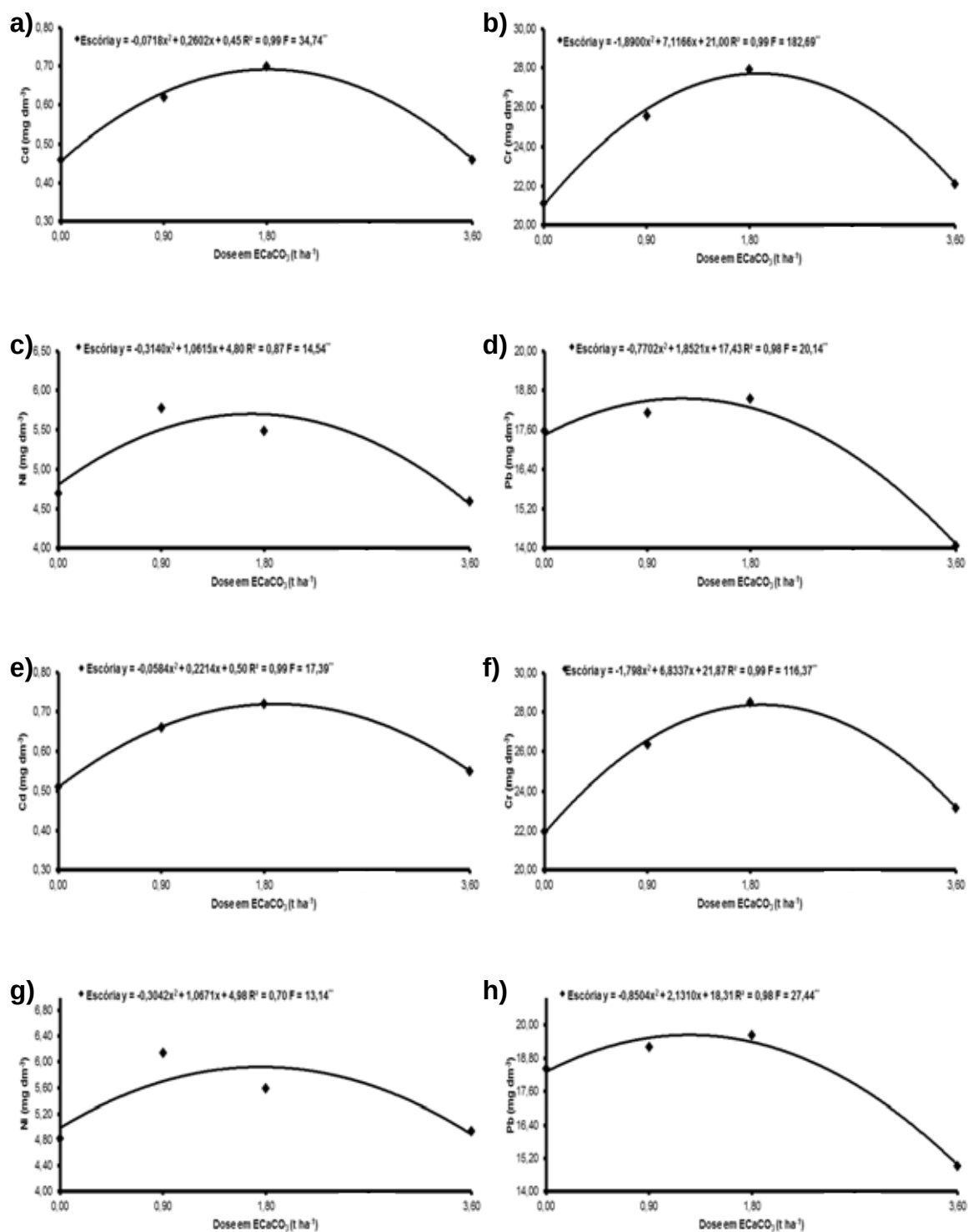
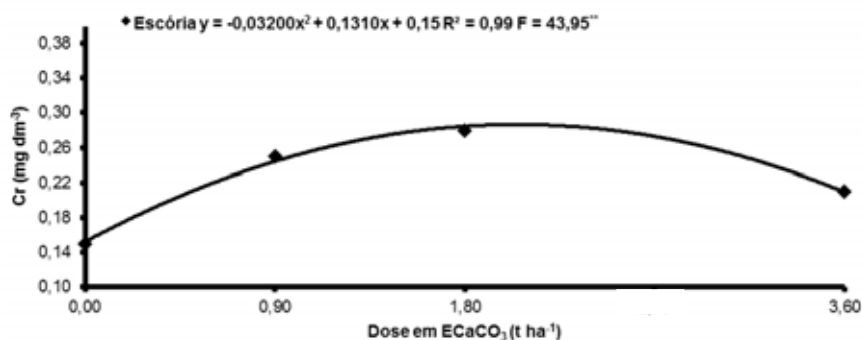
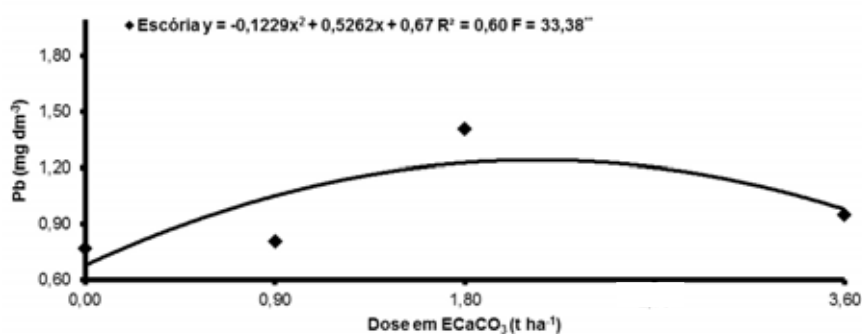


Figura 4 – Concentração de Cd, Cr, Ni e Pb aos 30 e 36 meses no solo, na camada de 0-10 cm de profundidade, na segunda soqueira da cana-de-açúcar, em função da aplicação da escória de siderurgia, extraídos pela metodologia da USEPA. ** - Significativo a 1% de probabilidade.

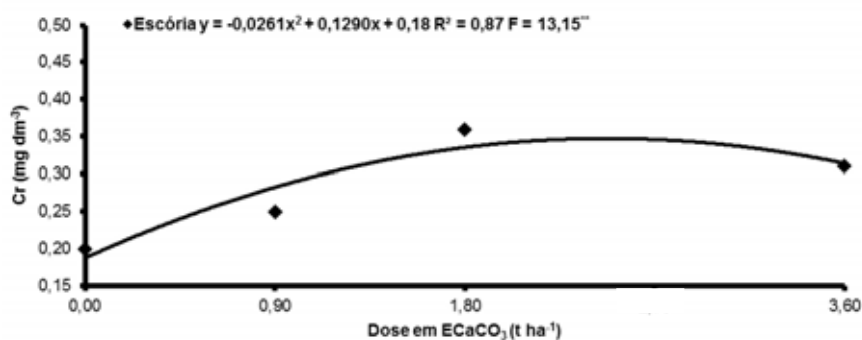
a)



b)



c)



d)

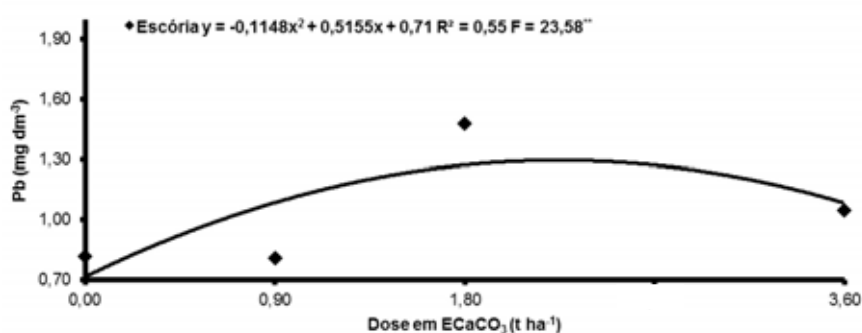


Figura 5 – Concentração de Cr e Pb aos 30 e 36 meses no solo, na camada de 0-10 cm de profundidade, na segunda soqueira da cana-de-açúcar, em função da aplicação da escória de siderurgia, extraídos por MEHLICH 3. ** - Significativo a 1% de probabilidade.

Com a aplicação de escória de siderurgia no solo proporcionou efeito significativo para as concentrações dos metais potencialmente tóxicos no solo (Cd, Cr, Ni e Pb), aos 42 e 48 meses após a aplicação do material corretivo, utilizando-se a metodologia da USEPA (Tabela 19). Enquanto as determinações de Cd, aos 42 e 48 meses e Ni, aos 42 meses após aplicação do material corretivo, utilizando-se a solução extratora Mehlich 3, não houve detecção nas leituras realizadas com absorção atômica (Tabela 20) e para as determinações do Cr e Pb, aos 42 e 48 meses e Ni, aos 48 meses após aplicação do material corretivo, analisados por esta metodologia, houveram efeitos significativos.

Verificou-se efeito com ajuste quadrático nas concentrações de Cd, Cr, Ni e Pb determinadas pela metodologia da USEPA, aos 42 meses após a escória aplicada (Figura 6a, 6b, 6c, 6d) e aos 48 meses após a escória aplicada (Figura 6e, 6f, 6g, 6h).

Observou-se, ainda, efeito com ajuste quadrático nas concentrações de Cr e Pb determinadas pela metodologia MEHLICH 3, aos 42 meses após a escória aplicada (Figura 7a, 7b) e aos 48 meses após a escória aplicada (Figura 7c, 7d).

PIAU (1991) evidencia o fato da disponibilidade desses elementos potencialmente tóxicos no solo serem diminuídos com o aumento do pH, com a formação de silicatos e maior concentração de matéria orgânica no solo. Isto possivelmente fundamenta a ocorrência neste trabalho da diminuição da concentração destes elementos no solo com a maior dose do material corretivo aplicado.

As concentrações de Cr e Pb no solo, extraídos por Mehlich 3 (Tabelas 002 e 004), comparada às concentrações determinadas pela metodologia da USEPA (Tabelas 001 e 003), apresentam-se bastante inferiores, isto, deve-se à eficiência da extração. Segundo MATTIAZZO et al. (2001) é difícil haver um extrator que tenha boa correlação com as quantidades fitodisponíveis para todos os metais potencialmente tóxicos em solos, todavia, o DTPA pode ser mais eficiente que o extrator Mehlich 3 para a avaliação da disponibilidade desses elementos no solo (Mantovani et al., 2004), e o USEPA, considerando um extrator total, tende a ser mais eficiente que o HCl, Mehlich 3 e DTPA.

A aplicação da escória de siderurgia no solo não foi suficiente para elevar as concentrações dos metais potencialmente tóxicos (Cd, Cr, Ni e Pb) estudados neste trabalho a níveis tóxicos, apresentando valores bem abaixo dos permitidos pela legislação brasileira, preconizada pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, que limita para uso agrícola a concentração máxima permitida de Cd, Cr, Ni e Pb, respectivamente, 39; 1000; 420; 300 mg kg⁻¹.

Tabela 19 – Concentração de Cd, Cr, Ni e Pb no solo, extraídos pelo método da USEPA, aos 42 e 48 meses após a aplicação da escória, na camada de 0-10 cm de profundidade, em função da aplicação da escória de siderurgia.

Doses de escória (t ha ⁻¹ ECaCO ₃)	Cd	Cr	Ni	Pb
	----- mg kg ⁻¹ -----			
	42 meses			
0	0,56	22,59	5,52	18,35
0,9	0,68	27,51	6,79	18,90
1,8	0,85	29,60	6,57	19,37
3,6	0,53	23,09	5,60	14,68
Teste F	17,78**	59,45**	6,38*	20,10**
C.V. (%)	10,2	3,4	8,4	5,3
	48 meses			
0	0,62	23,43	5,66	16,22
0,9	0,72	28,35	7,17	20,02
1,8	0,87	30,18	6,60	20,48
3,6	0,63	24,17	5,97	15,54
Teste F	7,47**	39,69**	7,37**	25,47**
C.V. (%)	11,7	3,9	7,9	4,7

*, ** - Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 20 – Concentração de Cd, Cr, Ni e Pb no solo, extraídos pela solução de MEHLICH 3, aos 42 e 48 meses após a aplicação da escória, na camada de 0-10 cm de profundidade, em função da aplicação da escória de siderurgia.

Doses de escória (t ha ⁻¹ ECaCO ₃)	Cd	Cr	Ni	Pb
----- mg kg ⁻¹ -----				
42 meses				
0	nd	0,17	nd	0,85
0,9	nd	0,27	nd	0,91
1,8	nd	0,30	nd	1,59
3,6	nd	0,27	nd	1,11
Teste F	---	6,56*	---	17,76**
C.V. (%)	---	16,8	---	14,3
48 meses				
0	nd	0,22	nd	0,90
0,9	nd	0,27	nd	0,91
1,8	nd	0,37	nd	1,67
3,6	nd	0,37	nd	1,21
Teste F	---	7,04**	---	18,93**
C.V. (%)	---	18,0	---	14,1

*, ** - Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. (nd= não detectado)

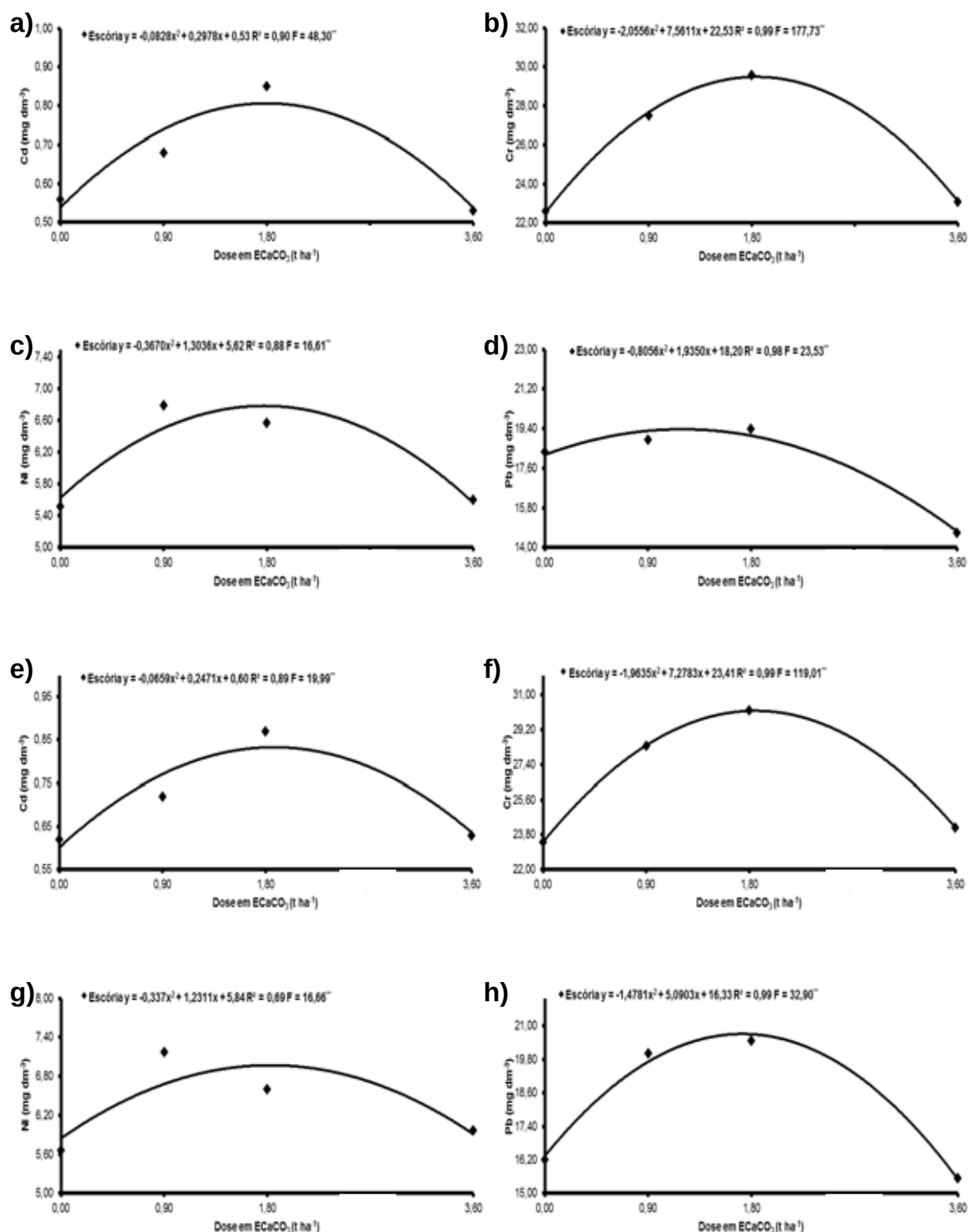


Figura 6 – Concentração de Cd, Cr, Ni e Pb aos 42 e 48 meses no solo, na camada de 0-10 cm de profundidade, na terceira soqueira da cana-de-açúcar, em função da aplicação da escória de siderurgia, extraídos pela metodologia da USEPA. ** - Significativo a 1% de probabilidade.

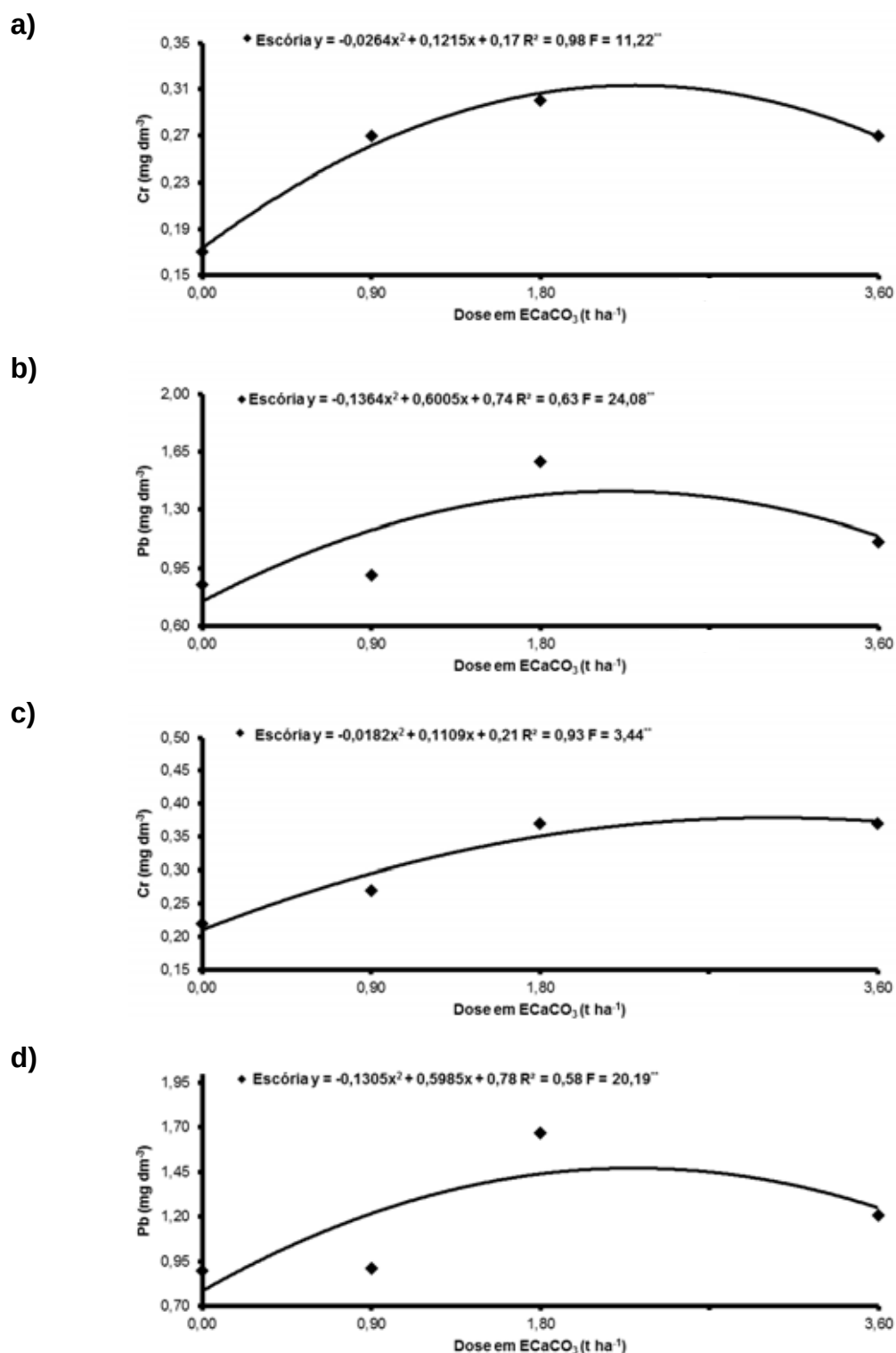


Figura 7 – Concentração de Cr e Pb aos 42 e 48 meses no solo, na camada de 0-10 cm de profundidade, na terceira soqueira da cana-de-açúcar, em função da aplicação da escória de siderurgia, extraídos por MEHLICH 3. ** - Significativo a 1% de probabilidade.

5.2 Efeitos dos tratamentos na planta

5.2.1 Efeitos dos tratamentos no desenvolvimento da segunda e terceira soqueiras

As fontes de materiais corretivos foram semelhantes para a altura e o diâmetro de perfilhos da soqueira de cana-de-açúcar aos 120 dias após a brotação (DAB) da cana soca (3º ciclo), porém para o número de perfilhos houve diferença significativa (Tabela 21). Para as fontes de materiais corretivos aplicados na soqueira de cana-de-açúcar aos 270 DAB (Tabela 22) e 390 DAB (Tabela 23) da cana soca (3º ciclo) houve o mesmo comportamento para a altura e o diâmetro de colmos, entretanto, afetou o número de colmos de ambos.

A aplicação das doses dos materiais corretivos não afetou significativamente a altura, o número de perfilhos e o diâmetro de perfilhos aos 120 DAB (Tabela 21) e a altura, o número de colmos e o diâmetro de colmos aos 270 DAB (Tabela 22) e aos 390 DAB (Tabela 23).

Não houve interação entre fontes e doses para a altura, o número de perfilhos e o diâmetro de perfilhos aos 120 DAB (Tabela 21) e para a altura, o número de colmos e o diâmetro de colmos aos 270 DAB (Tabela 22) e 390 DAB (Tabela 23).

Tabela 21 – Crescimento da cana-de-açúcar, em função de fontes e doses de materiais corretivos aplicados no solo, aos 120 dias após a brotação (DAB) da cana soca (3º ciclo).

Tratamentos	Altura	Número de perfilhos	Diâmetro dos perfilhos
	cm		mm
Fontes (F)			
Calcário	27,87	47,06	18,90
Escória de Siderurgia	28,32	53,56	19,70
Teste F	1,71 ^{NS}	7,25*	0,19 ^{NS}
Doses (D)			
0 (t ha ⁻¹ ECaCO ₃)	28,25	48,87	19,19
0,9 (t ha ⁻¹ ECaCO ₃)	28,01	52,25	18,80
1,8 (t ha ⁻¹ ECaCO ₃)	28,17	49,25	19,66
3,6 (t ha ⁻¹ ECaCO ₃)	27,95	49,87	18,55
Teste F	0,16 ^{NS}	0,30 ^{NS}	0,37 ^{NS}
		Teste F	
(F) x (D)	0,74 ^{NS}	1,62 ^{NS}	0,31 ^{NS}
C.V. (%)	3,4	13,5	6,8

* e NS - Significativo a 5% de probabilidade e não-significativo, respectivamente.

Tabela 22 – Crescimento da cana-de-açúcar, em função de fontes e doses de materiais corretivos aplicados no solo, aos 270 dias após a brotação (DAB) da cana soca (3º ciclo).

Tratamentos	Altura	Número de colmos	Diâmetro dos colmos
	cm		mm
Fontes (F)			
Calcário	177,02	30,18	27,68
Escória de Siderurgia	186,28	35,31	28,32
Teste F	3,77 ^{NS}	9,55**	3,21 ^{NS}
Doses (D)			
0 (t ha ⁻¹ ECaCO ₃)	174,99	35,25	27,56
0,9 (t ha ⁻¹ ECaCO ₃)	177,41	30,25	27,74
1,8 (t ha ⁻¹ ECaCO ₃)	186,49	31,25	28,15
3,6 (t ha ⁻¹ ECaCO ₃)	187,71	34,25	28,55
Teste F	1,79 ^{NS}	2,06 ^{NS}	1,52 ^{NS}
		Teste F	
(F) x (D)	0,36 ^{NS}	0,72 ^{NS}	0,69 ^{NS}
C.V. (%)	7,4	14,3	3,6

** e NS - Significativo a 1% de probabilidade e não-significativo, respectivamente.

Num período de 150 dias, entre período de 120 a 270 DAB, a altura dos perfilhos aumentou em média 153,56 cm, isto aconteceu entre os meses de outubro a fevereiro, quantificando um crescimento médio da planta de 1,02 cm dia⁻¹.

O número de perfilhos médio aos 120 DAB da cana soca (3º ciclo) foi de 50,31 (Tabela 21) e o número de colmos aos 270 DAB da cana soca (3º ciclo)

foi de 32,74 (Tabela 22), o que diminuiu ao longo do desenvolvimento da cultura.

Quanto ao diâmetro dos perfilhos aos 120 DAB, apresentou um diâmetro médio de 18,90 (Tabela 21) e aos 270 DAB (Tabela 22) e 390 DAB (Tabela 23) da cana soca (3º ciclo) apresentaram diâmetro médio de 28,00 mm e 30,30 mm, respectivamente.

Tabela 23 – Crescimento da cana-de-açúcar, em função de fontes e doses de materiais corretivos aplicados no solo, aos 390 dias após a brotação (DAB) da cana soca (3º ciclo).

Tratamentos	Altura	Número de colmos	Diâmetro dos colmos
	cm		mm
Fontes (F)			
Calcário	304,54	20,31	29,90
Escória de Siderurgia	309,23	26,06	30,71
Teste F	1,64 ^{NS}	9,81 ^{**}	1,56 ^{NS}
Doses (D)			
0 (t ha ⁻¹ ECaCO ₃)	305,26	22,87	30,64
0,9 (t ha ⁻¹ ECaCO ₃)	306,12	22,90	29,90
1,8 (t ha ⁻¹ ECaCO ₃)	307,49	22,37	30,11
3,6 (t ha ⁻¹ ECaCO ₃)	308,68	24,62	30,57
Teste F	0,17 ^{NS}	0,29 ^{NS}	0,31 ^{NS}
		Teste F	
(F) x (D)	0,02 ^{NS}	0,12 ^{NS}	0,95 ^{NS}
C.V. (%)	3,4	22,3	6,0

^{**} e NS - Significativo a 1% de probabilidade e não-significativo, respectivamente.

As fontes de materiais corretivos foram semelhantes para a altura, o número de perfilhos e o diâmetro de perfilhos da soqueira de cana-de-açúcar aos 120 (Tabela 24) e para a altura, o número de colmos e o diâmetro dos colmos da soqueira de cana-de-açúcar aos 270 (Tabela 25) dias após a brotação (DAB) da cana soca (4º ciclo).

A aplicação das doses dos materiais corretivos também não afetou significativamente a altura, o número de perfilhos e o diâmetro de perfilhos aos 120 DAB (Tabela 24), o número de colmos aos 270 DAB (Tabela 25) e o diâmetro dos colmos aos 390 DAB (Tabela 26). Entretanto, afetou a altura e o diâmetro de colmos aos 270 DAB (Tabela 25) e a altura e o número de colmos aos 390 DAB (Tabela 26).

Não houve interação entre fontes e doses para a altura, o número de perfilhos e o diâmetro de perfilhos aos 120 DAB (Tabela 24) e para a altura, o

número de colmos e o diâmetro de colmos aos 270 DAB e 390 DAB (Tabelas 25 e 26). PRADO et al. (2003) também obtiveram efeitos semelhantes com a aplicação da escória de siderurgia e do calcário nas variáveis altura, perfilhamento e número de colmos em soqueira de cana-de-açúcar em um Latossolo Vermelho-Amarelo alumínico.

Tabela 24 – Crescimento da cana-de-açúcar, em função de fontes e doses de materiais corretivos aplicados no solo, aos 120 dias após a brotação (DAB) da cana soca (4º ciclo).

Tratamentos	Altura	Número de perfilhos	Diâmetro dos perfilhos
	cm		mm
Fontes (F)			
Calcário	33,51	41,00	16,62
Escória de Siderurgia	34,33	45,75	15,70
Teste F	0,65 ^{NS}	3,31 ^{NS}	3,04 ^{NS}
Doses (D)			
0 (t ha ⁻¹ ECaCO ₃)	32,74	47,12	15,29
0,9 (t ha ⁻¹ ECaCO ₃)	33,76	44,24	15,88
1,8 (t ha ⁻¹ ECaCO ₃)	34,10	44,25	16,50
3,6 (t ha ⁻¹ ECaCO ₃)	35,08	37,87	16,99
Teste F	0,90 ^{NS}	2,24 ^{NS}	1,98 ^{NS}
		Teste F	
(F) x (D)	0,15 ^{NS}	2,30 ^{NS}	0,43 ^{NS}
C.V. (%)	8,5	17,0	9,2

NS: Não significativo.

Tabela 25 – Crescimento da cana-de-açúcar, em função de fontes e doses de materiais corretivos aplicados no solo, aos 270 dias após a brotação (DAB) da cana soca (4º ciclo).

Tratamentos	Altura	Número de colmos	Diâmetro dos colmos
	cm		mm
Fontes (F)			
Calcário	167,82	25,62	28,39
Escória de Siderurgia	166,92	26,68	28,50
Teste F	0,11 ^{NS}	0,25 ^{NS}	0,12 ^{NS}
Doses (D)			
0 (t ha ⁻¹ ECaCO ₃)	161,03	24,87	27,61
0,9 (t ha ⁻¹ ECaCO ₃)	165,77	27,62	28,37
1,8 (t ha ⁻¹ ECaCO ₃)	169,38	27,12	28,81
3,6 (t ha ⁻¹ ECaCO ₃)	173,31	25,00	29,00
Teste F	3,63*	0,45 ^{NS}	3,90*
		Teste F	
(F) x (D)	0,21 ^{NS}	0,13 ^{NS}	0,22 ^{NS}
C.V. (%)	4,6	23,0	3,1

* e NS - Significativo a 5% de probabilidade e não-significativo, respectivamente.

A ausência de efeitos dos materiais corretivos nas variáveis de crescimento aos 120 DAB e no número de colmos aos 270 DAB e no diâmetro dos colmos aos 390 DAB da cana soca (4º ciclo), possivelmente deve-se as características da variedade empregada no plantio. Utilizou-se a variedade, RB 855156, que possui um elevado entouceiramento, principalmente na soca, tendo uma alta precocidade, ótima capacidade de brotação de soqueiras e tem pouca exigência em relação à fertilidade do solo (ROSSETO et al., 2008).

Tabela 26 – Crescimento da cana-de-açúcar, em função de fontes e doses de materiais corretivos aplicados no solo, aos 390 dias após a brotação (DAB) da cana soca (4º ciclo).

Tratamentos	Altura	Número de colmos	Diâmetro dos colmos
	cm		mm
Fontes (F)			
Calcário	273,57	17,68	29,65
Escória de Siderurgia	276,66	15,87	30,03
Teste F	0,57 ^{NS}	3,94 ^{NS}	1,19 ^{NS}
Doses (D)			
0 (t ha ⁻¹ ECaCO ₃)	261,43	16,75	29,44
0,9 (t ha ⁻¹ ECaCO ₃)	270,10	18,75	29,40
1,8 (t ha ⁻¹ ECaCO ₃)	275,62	17,12	30,11
3,6 (t ha ⁻¹ ECaCO ₃)	293,30	14,50	30,41
Teste F	10,90 ^{**}	3,68 [*]	2,05 ^{NS}
		Teste F	
(F) x (D)	1,70 ^{NS}	2,94 ^{NS}	0,65 ^{NS}
C.V. (%)	4,1	15,4	3,3

^{**}, ^{*} e ^{NS} - Significativo a 1% e 5% de probabilidade e não-significativo, respectivamente.

Quanto ao diâmetro de colmos, apresentou um diâmetro médio máximo de 15,70; 28,50 e 30,03 mm, respectivamente, aos 120 (Tabela 24), 270 (Tabela 25) e 390 (Tabela 26) DAB da cana soca (4º ciclo). Esses resultados são próximos aqueles obtidos por OLIVEIRA et al. (2004), ao trabalharem com cultivares de cana-de-açúcar, observaram um diâmetro do colmo médio de 28,8 mm aos 377 DAP.

O número de perfilhos médio aos 120 DAB da cana soca (4º ciclo) foi de 43,37 (Tabela 24) e o de colmos aos 270 DAB da cana soca (4º ciclo) foi de 26,15 colmos (Tabela 25), o que diminuiu ao longo do desenvolvimento da cultura. Esse fato da diminuição do perfilhamento com o desenvolvimento da cana-de-açúcar foi também constatado por OLIVEIRA et al. (2004), os quais observaram que o máximo de perfilhamento utilizando para cana planta o

cultivar RB 855536 e RB 72454, com 23 e 14 perfilhos por metro, respectivamente, aos 182 dias após plantio (DAP), ocorreu uma redução de 57% e 27%, respectivamente, até o momento da colheita (497 DAP).

Numa faixa de 150 dias, entre período de 120 a 270 dias após a brotação, a altura de perfilhos aumentou em média 133,45 cm, isto aconteceu entre os meses de agosto e janeiro, quantificando um crescimento médio da planta de 0,88 cm dia⁻¹. Entretanto, OLIVEIRA et al. (2004) puderam observar nas cultivares estudadas um aumento na altura atingindo maiores valores em outubro (279 DAP) e novembro (377 DAP), no entanto, a cultivar RB 855536 apresentou um aumento na altura de 99,2 cm, no intervalo de 44 dias (279 a 323 DAP), correspondendo a um acréscimo de 2,25 cm.dia⁻¹ durante este período. Contudo, pode-se constatar que nos meses mais quentes do ano há um aumento da altura das plantas, isto foi constatado por SUGUITANI (2001) e MIOCQUE (1999) que observaram maiores alturas de novembro a março, atingindo um aumento na altura de perfilhos de 57 a 62%.

5.2.2 Efeitos dos tratamentos na nutrição da segunda e da terceira soqueiras

Aos 36 meses após a brotação da cana planta a aplicação de calcário e de escória de siderurgia provocou efeito significativo para fontes, apenas para os teores dos nutrientes N e Cu e do elemento benéfico Si na folha +1 (Tabela 27). Para efeito de dose, observou-se efeito significativo para os nutrientes N, Ca, Mg, Mn e o elemento benéfico Si, para os demais não houve efeito significativo (Tabela 27). Houve ainda interação entre fontes e doses para o micronutriente Cu e o elemento benéfico Si. (Tabela 27).

Para os teores foliares da cana-de-açúcar aos 36 meses após a brotação da cana planta a aplicação de calcário e de escória de siderurgia provocou efeito significativo para fontes, apenas para o elemento benéfico Si (Tabela 28). Para efeito de dose, nos teores foliares, observou-se efeito significativo para os macronutrientes Ca e Mg e também para o elemento benéfico Si, para as demais variáveis estudadas não houveram efeitos

significativos (Tabela 28). Ainda ocorreu interação entre fontes e doses para os teores foliares dos nutrientes N e Cu e o elemento benéfico Si. (Tabela 28).

Quanto aos teores dos nutrientes nos colmos da cana-de-açúcar aos 36 meses após a brotação da cana planta, houve efeito significativo para fontes apenas para o teor de N e do elemento benéfico Si (Tabela 29). Porém, para doses, houve efeito significativo para os teores dos macronutrientes N e Ca, dos micronutrientes Mn e Zn e no teor de Si nos colmos (Tabela 29). Houve interação entre fontes e doses no teor de Mg nos colmos e no teor de Si nos colmos (Tabela 29).

O acúmulo de nutrientes nas folhas da cana-de-açúcar aos 36 meses após a brotação da cana planta não apresentou efeito significativo para fontes em todas as variáveis estudadas (Tabela 30). Houve efeito significativo para doses, especificamente, para os nutrientes Ca, Mg, B e Zn acumulados nas folhas (Tabela 30). Ocorreu interação entre fontes e doses para o acúmulo de Cu na folha e também para o acúmulo de Si nas folhas (Tabela 30).

E, para o acúmulo de nutrientes nos colmos da cana-de-açúcar aos 36 meses após a brotação da cana planta ocorreu efeito significativo para fontes apenas nos teores de Si acumulados (Tabela 31). Para os macronutrientes N, P, Ca e Mg, o micronutriente Zn e o elemento benéfico Si acumulados nos colmos houve efeito significativo para as doses aplicadas (Tabela 31). Houve interação entre fontes e doses apenas para os nutrientes N, Ca, Mg, Fe, Mn e o elemento benéfico Si acumulados nos colmos da cana-de-açúcar aos 36 meses após a brotação da cana planta (Tabela 31).

O Si foi o elemento mais acumulado na folha e no colmo da soqueira de cana-de-açúcar, onde, observou-se uma extração de 123,9 e 186,7 kg ha⁻¹, respectivamente. Para os macronutrientes na folha a ordem de extração foi N>K>Ca>Mg>S>P e no colmo a ordem foi N>K>Mg>S>Ca>P (Tabelas 30 e 31) para ambas as fontes de materiais corretivos aplicados aos 36 meses após a brotação da cana-planta.

Na folha +1 os teores de Cu (Figura 8a) e Si (Figura 8b) apresentaram incremento, com ajuste linear crescente, em função da escória aplicada aos 36 meses após a brotação da cana-planta, este comportamento foi semelhante quando da aplicação do calcário para os teores de Si (Figura 8b) na folha +1. Possivelmente, o acúmulo natural do Si, especificamente, em gramíneas, pode

elucidar esse fato, tendo em vista tal incremento por parte do calcário. Para o teor de Cu (Figura 8a), na referida fonte observou-se um incremento com ajuste quadrático.

Com a aplicação do calcário aos 36 meses após a brotação da cana-planta, houve incremento linear crescente, para os teores foliares de N (Figura 8c) e Cu (Figura 8d), esse comportamento foi semelhante para os teores de Si (Figura 8e) e Mg (Figura 8f), porém, em função da aplicação de escória de siderurgia. Para os teores de N (Figura 8c) nas folhas e de Mg (Figura 8f) nos colmos, ajustou-se de forma quadrática, este último com ponto de máximo na dose de $2,10 \text{ t ha}^{-1}$ promovendo um teor de $1,0 \text{ g kg}^{-1}$ de Mg. Para os teores de Cu (Figura 8d) na folha e de Si (Figura 8e) na folha houve incremento com ajuste linear decrescente, respectivamente, quando aplicou-se escória e calcário.

Observou-se também com a aplicação de calcário, um aumento, com ajuste linear crescente, no teor de Si (Figura 9a) nos colmos, no acúmulo de Cu (Figura 9b) nas folhas e nos acúmulos de N (Figura 9d), Ca (Figura 9e) e Mg (Figura 9f) nos colmos. Para os teores de Si (Figura 9a) nos colmos houve incremento com ajuste quadrático, com a dose de $1,92 \text{ t ha}^{-1}$ promovendo $6,64 \text{ g kg}^{-1}$ de Si nos colmos com a aplicação de escória de siderurgia, esse ajuste foi semelhante para o acúmulo de Ca (Figura 9e) e Mg (Figura 9f) nos colmos, sendo os pontos de máximo, respectivamente, $2,33 \text{ t ha}^{-1}$ promovendo $25,8 \text{ kg ha}^{-1}$ e $2,16 \text{ t ha}^{-1}$ promovendo $36,5 \text{ kg ha}^{-1}$. O acúmulo de Cu (Figura 9b) na folha em função da escória aplicada ajustou-se de forma linear decrescente, sendo oposto ao comportamento do Si (Figura 9c) e N (Figura 9d) acumulado, respectivamente nas folhas e colmos, que ajustou-se de forma linear crescente. O acúmulo de Si (Figura 9c) na folha em função da aplicação de calcário aos 36 meses após a brotação da cana-planta teve ajuste quadrático.

Observou-se aumento com ajuste linear crescente no acúmulo de Fe (Figura 10a) e Si (Figura 10c) nos colmos em função do calcário aplicado. O acúmulo do Si, em função da aplicação de escória, apresentou ajuste quadrático com ponto de máximo na dose de $1,98 \text{ t ha}^{-1}$ promovendo o acúmulo de 239 kg ha^{-1} de Si. A aplicação de escória promoveu incremento com ajuste quadrático no acúmulo de Fe (Figura 10a) e Mn (Figura 10b) nos colmos.

Tabela 27 – Teores foliares de macronutrientes, micronutrientes e silício em função da aplicação de fontes e doses dos materiais corretivos no solo, aos nove meses (Folha +1) após a brotação da cana soca (3º ciclo).

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Si
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹					
Fontes (F)												
Calcário	18,3	1,8	9,2	2,8	1,5	1,0	18	4	43	83	15	8,8
Escória de Siderurgia	19,3	1,8	9,3	3,0	1,6	1,1	18	3	39	78	15	9,3
Doses (D)												
0 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	18,7	1,8	9,5	2,5	1,4	0,9	18	4	39	85	14	7,6
0,9 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	18,1	1,8	9,5	2,7	1,5	1,0	17	3	44	89	15	8,9
1,8 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	19,0	1,8	8,9	3,1	1,6	1,1	18	3	42	76	15	9,3
3,6 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	19,6	1,8	9,0	3,3	1,7	1,2	19	4	40	72	16	10,4
Teste F												
Fonte (F)	13,85**	0,73 ^{NS}	0,02 ^{NS}	0,56 ^{NS}	0,14 ^{NS}	0,29 ^{NS}	0,03 ^{NS}	5,33*	0,50 ^{NS}	2,54 ^{NS}	0,04 ^{NS}	6,82*
Dose (D)	5,30**	0,33 ^{NS}	1,57 ^{NS}	6,21**	4,70*	2,44 ^{NS}	0,26 ^{NS}	1,89 ^{NS}	0,25 ^{NS}	5,77**	2,40 ^{NS}	32,17**
(F) x (D)	0,69 ^{NS}	0,52 ^{NS}	0,85 ^{NS}	0,44 ^{NS}	0,30 ^{NS}	0,23 ^{NS}	0,26 ^{NS}	3,78*	1,14 ^{NS}	5,69 ^{NS}	0,98 ^{NS}	10,41**
C.V. (%)	4,1	6,7	7,6	13,0	11,9	18,3	17,3	15,0	33,2	10,9	12,0	6,2

NS: Não significativo. **: Significativo a 1 % de probabilidade. *: Significativo a 5 % de probabilidade. F= fonte de material corretivo; D= dose de material corretivo.

Tabela 28 – Teores foliares de macronutrientes, micronutrientes e silício em função da aplicação de fontes e doses dos materiais corretivos no solo, aos doze meses após a brotação da cana soca (3º ciclo).

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Si
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹					
Fontes (F)												
Calcário	7,1	0,7	6,8	4,0	1,3	1,0	9	2	165	175	16	9,5
Escória de Siderurgia	7,3	0,8	6,9	4,4	1,4	1,1	10	3	158	161	17	9,4
Doses (D)												
0 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	6,9	0,7	7,1	3,4	1,1	0,9	9	2	151	183	15	9,4
0,9 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	7,3	0,8	7,1	3,7	1,2	1,0	9	3	169	185	15	9,3
1,8 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	7,6	0,7	7,1	5,0	1,5	1,3	10	3	164	164	17	9,7
3,6 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	7,3	0,8	6,1	5,0	1,5	1,1	10	3	160	140	19	9,4
Teste F												
Fonte (F)	0,58 ^{NS}	2,08 ^{NS}	0,00 ^{NS}	3,05 ^{NS}	0,07 ^{NS}	0,28 ^{NS}	1,65 ^{NS}	0,18 ^{NS}	0,48 ^{NS}	1,06 ^{NS}	0,69 ^{NS}	12,08**
Dose (D)	1,38 ^{NS}	2,02 ^{NS}	0,79 ^{NS}	10,24**	3,54*	1,96 ^{NS}	1,07 ^{NS}	0,83 ^{NS}	0,55 ^{NS}	2,25 ^{NS}	1,75 ^{NS}	10,40**
(F) x (D)	6,32**	1,81 ^{NS}	1,30 ^{NS}	1,28 ^{NS}	0,23 ^{NS}	0,16 ^{NS}	0,67 ^{NS}	3,86*	0,79 ^{NS}	2,57 ^{NS}	0,77 ^{NS}	36,18**
C.V. (%)	9,1	17,9	23,4	16,6	19,5	27,3	15,5	29,1	17,8	23,5	20,3	1,6

NS: Não significativo. **: Significativo a 1 % de probabilidade. *: Significativo a 5 % de probabilidade. F= fonte de material corretivo; D= dose de material corretivo.

Tabela 29 – Teores de macronutrientes, micronutrientes e silício, nos colmos, em função da aplicação de fontes e doses dos materiais corretivos no solo, aos doze meses após a brotação da cana soca (3º ciclo).

Tratamentos	g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹					g kg ⁻¹		
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Si	
Fontes (F)													
Calcário	2,8	0,3	3,2	0,6	0,9	0,7	5	4	50	44	13	5,5	
Escória de Siderurgia	2,6	0,4	2,7	0,7	0,9	0,8	5	4	46	43	12	6,2	
Doses (D)													
0 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	2,3	0,3	3,5	0,6	0,9	0,7	5	4	49	51	10	5,6	
0,9 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	2,6	0,3	2,8	0,6	0,9	0,7	4	4	47	45	11	5,8	
1,8 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	2,8	0,4	2,4	0,6	1,0	0,9	5	4	53	37	12	6,2	
3,6 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	3,3	0,4	2,9	0,7	1,0	0,8	5	4	43	40	17	5,9	
Teste F													
Fonte (F)	7,38*	1,18 ^{NS}	2,41 ^{NS}	0,19 ^{NS}	0,54 ^{NS}	0,01 ^{NS}	1,77 ^{NS}	0,16 ^{NS}	1,06 ^{NS}	0,39 ^{NS}	0,29 ^{NS}	59,60**	
Dose (D)	27,98**	1,43 ^{NS}	1,80 ^{NS}	3,22*	2,95 ^{NS}	1,40 ^{NS}	1,19 ^{NS}	0,25 ^{NS}	0,98 ^{NS}	10,92*	4,74*	12,08**	
(F) x (D)	1,41 ^{NS}	0,17 ^{NS}	0,65 ^{NS}	0,69 ^{NS}	3,43*	1,90 ^{NS}	0,90 ^{NS}	0,79 ^{NS}	1,29 ^{NS}	3,06 ^{NS}	0,45 ^{NS}	8,43**	
C.V. (%)	8,0	21,1	30,8	11,9	7,3	29,7	17,1	20,8	26,6	12,3	30,4	3,8	

NS: Não significativo. *: Significativo a 1 % de probabilidade. **: Significativo a 5 % de probabilidade. F= fonte de material corretivo; D= dose de material corretivo.

Tabela 30 – Acúmulo de macronutrientes, micronutrientes e silício, nas folhas, em função da aplicação de fontes e doses dos materiais corretivos no solo, aos doze meses após a brotação da cana soca (3º ciclo).

Tratamentos	kg ha ⁻¹					g ha ⁻¹					kg ha ⁻¹		
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Si	
Fontes (F)													
Calcário	89,9	9,7	86,5	50,8	16,9	13,6	116	35	2055	2175	206	120,0	
Escória de Siderurgia	97,5	11,4	91,7	59,1	17,9	14,7	132	38	2094	2095	227	123,9	
Doses (D)													
0 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	89,4	9,5	91,8	43,7	14,7	12,6	119	32	1961	2347	201	121,3	
0,9 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	86,5	10,9	88,3	44,7	15,2	12,7	109	37	2041	2177	189	112,2	
1,8 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	94,9	9,6	76,6	62,4	19,2	16,2	125	35	2040	2038	210	121,1	
3,6 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	104,1	12,2	99,8	68,8	20,5	15,2	142	43	2257	1978	266	133,2	
Teste F													
Fonte (F)	2,30 ^{NS}	3,54 ^{NS}	0,36 ^{NS}	4,12 ^{NS}	0,52 ^{NS}	0,72 ^{NS}	3,98 ^{NS}	0,33 ^{NS}	0,06 ^{NS}	0,18 ^{NS}	1,55 ^{NS}	0,59 ^{NS}	
Dose (D)	2,40 ^{NS}	2,08 ^{NS}	1,21 ^{NS}	9,59 ^{**}	4,31 [*]	1,75 ^{NS}	3,25 [*]	0,89 ^{NS}	0,67 ^{NS}	0,74 ^{NS}	3,98 [*]	2,83 ^{NS}	
(F) x (D)	1,61 ^{NS}	2,71 ^{NS}	2,73 ^{NS}	1,06 ^{NS}	0,95 ^{NS}	0,27 ^{NS}	1,23 ^{NS}	3,83 [*]	1,54 ^{NS}	1,51 ^{NS}	1,91 ^{NS}	4,62 [*]	
C.V. (%)	15,0	23,3	27,7	21,0	22,6	27,4	17,7	30,4	21,2	25,3	22,2	11,8	

NS: Não significativo. **: Significativo a 1 % de probabilidade. *: Significativo a 5 % de probabilidade. F= fonte de material corretivo; D= dose de material corretivo.

Tabela 31 – Acúmulo de macronutrientes, micronutrientes e silício, nos colmos, em função da aplicação de fontes e doses dos materiais corretivos no solo, aos doze meses após a brotação da cana soca (3º ciclo).

Tratamentos	kg ha ⁻¹					g ha ⁻¹					Si kg ha ⁻¹
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Fontes (F)											
Calcário	82,6	10,8	91,5	19,4	28,3	22,3	158	123	1443	1259	387
Escória de Siderurgia	79,8	11,6	78,8	20,8	29,2	23,6	152	136	1394	1275	376
Doses (D)											
0 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	55,8	8,8	84,1	15,0	22,3	19,3	134	115	1207	1232	260
0,9 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	79,5	10,3	84,9	20,7	29,6	20,4	147	126	1450	1399	335
1,8 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	85,6	13,0	76,6	20,9	31,7	28,0	168	132	1653	1158	387
3,6 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	104,1	13,0	95,2	23,6	31,6	24,1	174	146	1365	1281	545
Teste F											
Fonte (F)	0,68 ^{NS}	1,16 ^{NS}	1,99 ^{NS}	1,67 ^{NS}	0,64 ^{NS}	0,31 ^{NS}	0,30 ^{NS}	0,55 ^{NS}	0,12 ^{NS}	0,04 ^{NS}	0,07 ^{NS}
Dose (D)	34,79 ^{**}	8,07 ^{**}	0,72 ^{NS}	11,33 ^{**}	13,70 ^{**}	2,79 ^{NS}	2,89 ^{NS}	0,56 ^{NS}	1,77 ^{NS}	1,86 ^{NS}	9,32 ^{**}
(F) x (D)	7,09 ^{**}	2,94 ^{NS}	2,17 ^{NS}	6,87 ^{**}	11,78 ^{**}	2,33 ^{NS}	0,89 ^{NS}	1,33 ^{NS}	3,12 [*]	10,87 ^{**}	2,68 ^{NS}
C.V. (%)	11,7	18,2	29,8	15,1	11,6	29,1	19,9	30,2	27,8	16,5	29,2
											9,4

NS: Não significativo. **: Significativo a 1 % de probabilidade. *: Significativo a 5 % de probabilidade. F= fonte de material corretivo; D= dose de material corretivo.

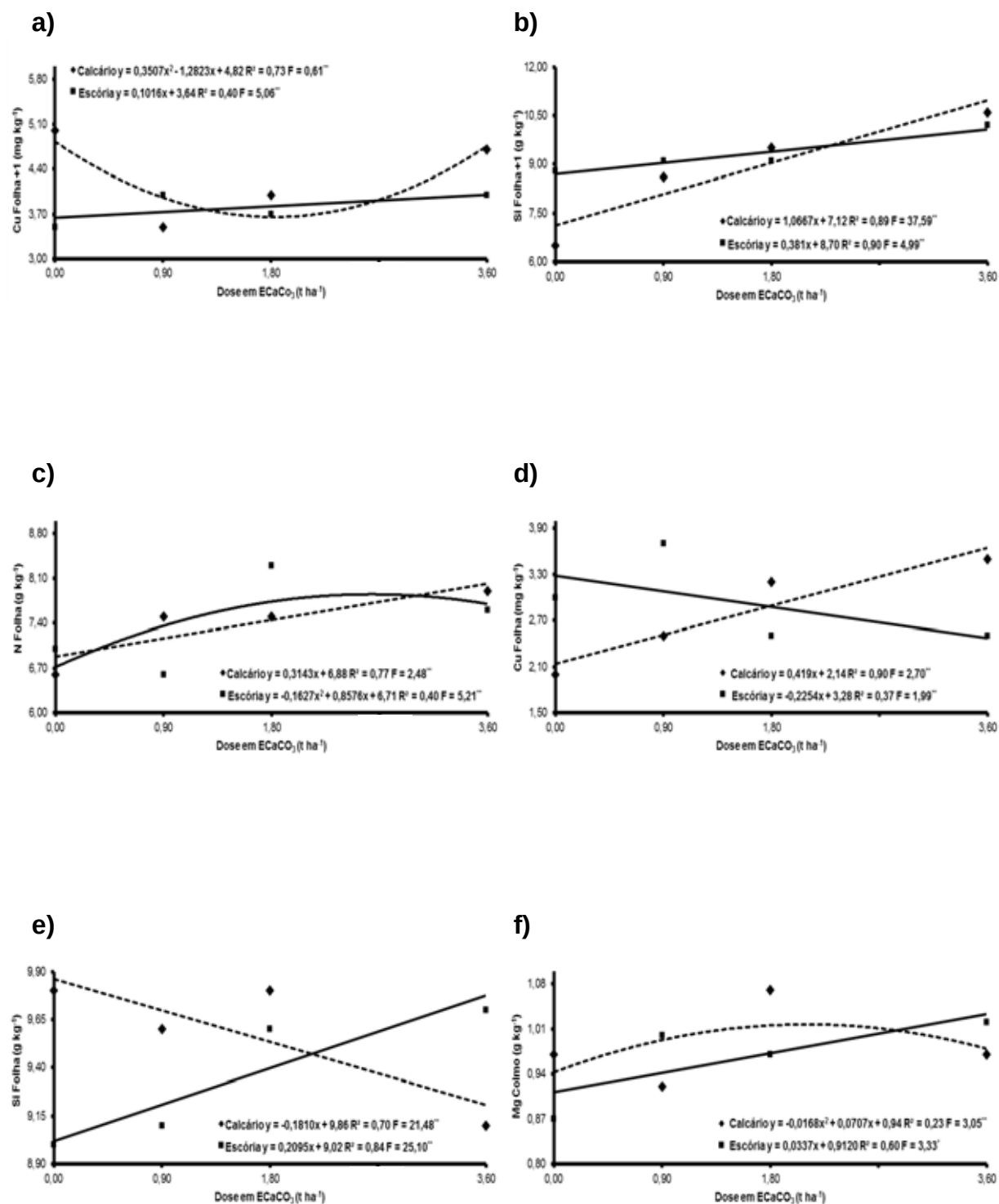


Figura 8 – Teor de Cu (a) e Si (b) na folha +1, teores de N (c), Cu (d) e Si (e) nas folhas, teor de Mg nos colmos (f), em função da aplicação de calcário e da escória de siderurgia, aos 36 meses após a brotação da cana-planta. ** e * - Significativo a 1% e 5% de probabilidade.

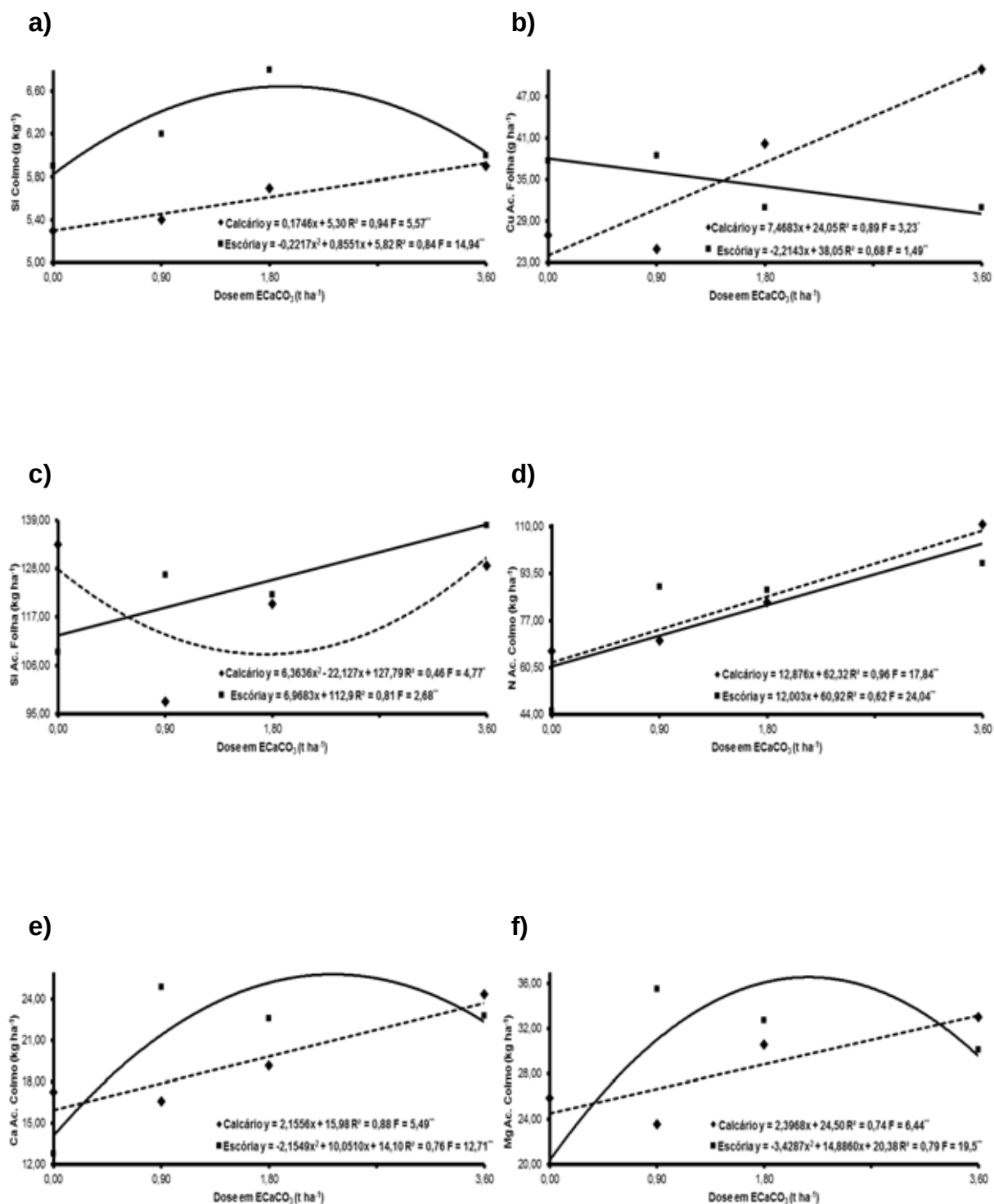


Figura 9 – Teor de Si (a) nos colmos, acúmulo de Cu (b) e Si (c) nas folhas e acúmulo de N (d), Ca (e) e Mg (f) nos colmos, em função da aplicação de calcário e da escória de siderurgia, aos 36 meses após a brotação da cana-planta. ** e * - Significativo a 1% e 5% de probabilidade.

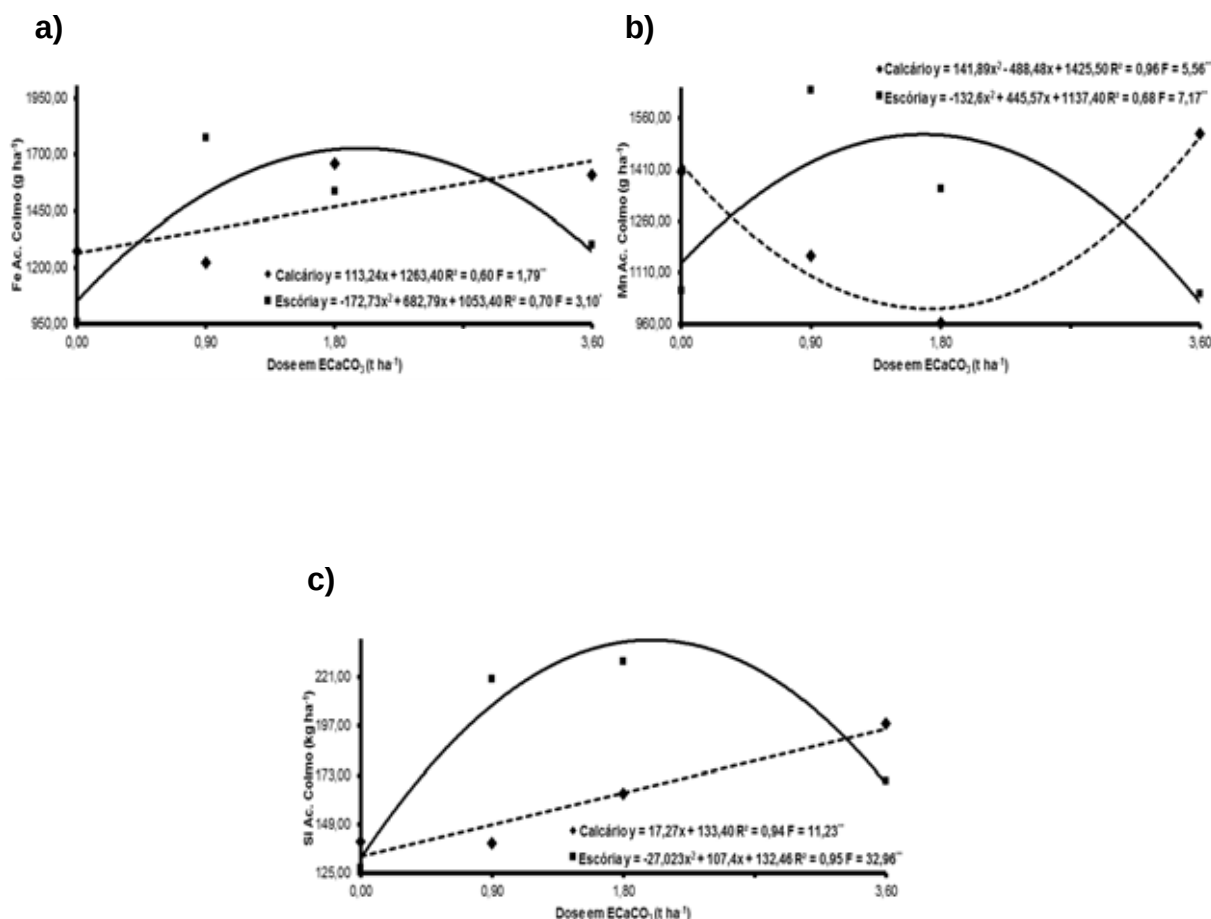


Figura 10 – Acúmulo de Fe (a), Mn (b), e Si (c) nos colmos, em função da aplicação de calcário e da escória de siderurgia, aos 36 meses após a brotação da cana-planta. ** e * - Significativo a 1% e 5% de probabilidade.

Aos 48 meses após a brotação da cana-planta a aplicação de calcário e de escória de siderurgia provocou efeito significativo para fontes, apenas para os teores do elemento benéfico Si na folha +1 (Tabela 32). Para efeito de doses, apresentou-se efeito significativo para os nutrientes N, Ca, Mg, B, Mn e o elemento benéfico Si, para os demais não houve efeito significativo (Tabela 32). Ainda foi constatado interação entre fontes e doses apenas para o micronutriente Fe. (Tabela 32).

Para os teores foliares da cana-de-açúcar aos 48 meses após a brotação da cana planta a aplicação de calcário e de escória de siderurgia provocou efeito significativo para fontes, para os nutrientes K, Mg, Fe e Mn e também para o elemento benéfico Si (Tabela 33). Para efeitos de doses, nos teores foliares, verificou-se efeito significativo para os macronutrientes Ca e Mg, para o micronutriente Zn e também para o elemento benéfico Si, para os

demais nutrientes analisados não houveram efeitos significativos (Tabela 33). Ocorreu ainda, interação entre fontes e doses para os teores foliares dos nutrientes N, Ca, Fe e o elemento benéfico Si. (Tabela 33).

Analisando-se os teores dos nutrientes nos colmos da cana-de-açúcar aos 48 meses após a brotação da cana planta, verificou-se efeito significativo para fontes apenas para o teor de N, Cu e do elemento benéfico Si (Tabela 34). Para doses, houve efeito significativo nos teores do macronutriente N, dos micronutrientes Mn e Zn e no teor de Si nos colmos (Tabela 34). Houve interação entre fontes e doses no teor de Ca e Fe nos colmos (Tabela 34).

O acúmulo de nutrientes nas folhas da cana-de-açúcar aos 48 meses após a brotação da cana planta apresentou efeito significativo para fontes para os nutrientes acumulados N, P, Ca, Mg, S, B, Mn e Zn e o elemento benéfico Si acumulado nas folhas (Tabela 35). Também foi verificado efeito significativo para doses, para os nutrientes N, K, Ca, Mg, B e Mn e o elemento benéfico Si acumulados nas folhas (Tabela 35). Ocorreu interação entre fontes e doses para todos os nutrientes estudados e também do elemento benéfico Si acumulado nas folhas (Tabela 35).

Para o acúmulo de nutrientes nos colmos da cana-de-açúcar aos 48 meses após a brotação da cana planta ocorreu efeito significativo para fontes apenas nos teores dos nutrientes N, Ca e Cu acumulados (Tabela 36). Para os micronutrientes Fe e Mn acumulados nos colmos houve efeito significativo com as doses aplicadas (Tabela 36). Houve interação entre fontes e doses apenas para os nutrientes N, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e o elemento benéfico Si acumulados nos colmos da cana-de-açúcar aos 48 meses após a brotação da cana planta (Tabela 36).

O Si continuou sendo o elemento mais acumulado na folha e no colmo da soqueira de cana-de-açúcar, onde, observou-se uma extração de 134,7 e 117,7 kg ha⁻¹, respectivamente. Para os macronutrientes na folha a ordem de extração foi N>K>Ca>Mg>S>P e no colmo a ordem foi N>K>Mg>Ca>S>P (Tabelas 35 e 36) para ambas as fontes de materiais corretivos aplicados aos 48 meses após a brotação da cana-planta.

Os teores de Fe na folha +1 (Figura 11a) apresentou incremento quadrático em função da escória aplicada e houve decréscimo com ajuste linear quando da aplicação do calcário. Os teores foliares de N (Figura 11b), Ca

(Figura 11c), Fe (Figura 11d) e Si (Figura 11e) apresentaram incremento com ajuste quadrático, sendo o ponto de máximo para o Ca e o Si, respectivamente, $1,90 \text{ t ha}^{-1}$ promovendo um teor de $4,7 \text{ g kg}^{-1}$ e $2,18 \text{ t ha}^{-1}$ promovendo um teor de $9,9 \text{ g kg}^{-1}$. Ainda observou-se com a aplicação de escória de siderurgia um aumento nos teores foliares de N (Figura 11b), Ca (Figura 11c), Fe (Figura 11d), Si (Figura 11e) e no teor de Ca (Figura 11f) dos colmos com ajuste linear crescente, para este último também ocorreu em função da aplicação de calcário aos 48 meses após a brotação da cana-planta.

A aplicação de materiais corretivos aos 48 meses após a brotação da cana-planta, promoveu incremento com ajuste quadrático, para os teores de Fe nos colmos (Figura 12a). A aplicação de calcário, incrementou com ajuste quadrático o acúmulo de N (Figura 12b), P (Figura 12c), K (Figura 12d), Ca (Figura 12e) e Mg (Figura 12f) nas folhas, com ponto de máximo para o Ca e Mg, respectivamente, $1,64 \text{ t ha}^{-1}$ promovendo um acúmulo de $86,5 \text{ kg ha}^{-1}$ e $1,7 \text{ t ha}^{-1}$ promovendo um acúmulo de $32,9 \text{ kg ha}^{-1}$. A aplicação de escória incrementou, com ajuste linear, o acúmulo de N (Figura 12b), P (Figura 12c), K (Figura 12d), Ca (Figura 12e) e Mg (Figura 19f) nas folhas.

Observou-se ainda, com a aplicação de calcário, incremento com ajuste quadrático no acúmulo de S, B, Cu, Fe, Mn e Zn nas folhas, respectivamente, (Figura 13a, b, c, d, “e” e f). Ainda para esses mesmos nutrientes, houve aumento no acúmulo com ajuste linear crescente (Figura 13a, b, c, d, “e” e f).

Observou-se aumento com ajuste linear crescente no acúmulo de Si na folha (Figura 14a), acúmulo de N (Figura 14b), Ca (Figura 14c) e B (Figura 14f) nos colmos em função da escória aplicada. Houve incremento com ajuste quadrático para o Si (Figura 14a) acumulado na folha e para o N (Figura 14b), Ca (Figura 14c) e B (Figura 14f) acumulado no colmo em função da aplicação de calcário, com ponto de máximo para o Si e o Ca, respectivamente, $1,6 \text{ t ha}^{-1}$ promovendo um acúmulo de $178,9 \text{ kg ha}^{-1}$ e $1,3 \text{ t ha}^{-1}$ promovendo um acúmulo de $15,9 \text{ kg ha}^{-1}$. Ainda constatou-se incremento com ajuste quadrático para o acúmulo de Mg nos colmos (Figura 14d) com a aplicação da escória, com o ponto de máximo na dose de $2,4 \text{ t ha}^{-1}$ promovendo um acúmulo de $18,1 \text{ kg ha}^{-1}$ e houve também aumento no acúmulo de S (Figura 14e) nos colmos com ajuste linear crescente em função da escória aplicada. Para o calcário aplicado

aos 48 meses após a brotação da cana-planta o acúmulo de Mg (Figura 14d) e S (Figura 14e) nos colmos teve um incremento com ajuste linear decrescente.

Verificou-se ainda, com ambas as fontes de materiais corretivos aplicados aos 48 meses após a brotação da cana-planta incremento com ajuste quadrático para o Fe (Figura 15b), Mn (Figura 15c) e Si (Figura 15d) acumulados nos colmos, este último, com ponto de máximo na dose de 2,7 t ha⁻¹ promovendo um acúmulo de 130,2 kg ha⁻¹ e 2,2 t ha⁻¹ promovendo um acúmulo de 129,9 kg ha⁻¹, respectivamente, para escória e calcário. E, para o Cu (Figura 15a) acumulado nos colmos, apresentou-se aumento no acúmulo com ajuste linear crescente quando se aplicou escória e este mesmo ajuste, porém decrescente quando da aplicação de calcário.

Tabela 32 – Teores foliares de macronutrientes, micronutrientes e silício em função da aplicação de fontes e doses dos materiais corretivos no solo, aos nove meses (Folha +1) após a brotação da cana soca (4º ciclo).

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Si
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹					
Fontes (F)												
Calcário	18,5	1,8	9,5	3,8	1,6	1,0	14	6	69	79	21	9,5
Escória de Siderurgia	18,8	1,8	10,0	3,6	1,6	1,1	15	6	70	77	21	9,0
Doses (D)												
0 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	18,5	1,7	9,6	3,1	1,5	1,1	15	6	72	88	18	8,7
0,9 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	18,1	1,9	9,9	3,7	1,5	1,1	13	6	71	81	23	9,1
1,8 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	18,4	1,9	9,5	4,0	1,6	1,0	14	6	69	73	20	9,3
3,6 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	19,7	1,8	10,0	4,0	1,8	1,0	17	6	68	71	23	9,8
Teste F												
Fonte (F)	0,93 ^{NS}	0,02 ^{NS}	2,65 ^{NS}	1,90 ^{NS}	1,06 ^{NS}	0,09 ^{NS}	0,21 ^{NS}	0,08 ^{NS}	0,61 ^{NS}	0,16 ^{NS}	0,15 ^{NS}	17,12 ^{**}
Dose (D)	4,97 ^{**}	1,08 ^{NS}	0,68 ^{NS}	8,29 ^{**}	8,23 ^{**}	0,82 ^{NS}	4,22 [*]	0,53 ^{NS}	2,61 ^{NS}	3,55 [*]	1,06 ^{NS}	13,65 ^{**}
(F) x (D)	0,38 ^{NS}	0,06 ^{NS}	0,40 ^{NS}	2,42 ^{NS}	1,36 ^{NS}	0,58 ^{NS}	2,02 ^{NS}	0,30 ^{NS}	7,25 ^{**}	0,88 ^{NS}	1,28 ^{NS}	0,16 ^{NS}
C.V. (%)	4,7	7,2	9,1	10,3	8,4	10,8	15,3	9,6	5,1	14,9	27,4	3,6

NS: Não significativo. **: Significativo a 1 % de probabilidade. *: Significativo a 5 % de probabilidade. F= fonte de material corretivo; D= dose de material corretivo.

Tabela 33 – Teores foliares de macronutrientes, micronutrientes e silício em função da aplicação de fontes e doses dos materiais corretivos no solo, aos doze meses após a brotação da cana soca (4º ciclo).

Tratamentos	g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹					g kg ⁻¹	
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Si
Fontes (F)												
Calcário	6,9	0,7	5,7	4,2	1,6	1,0	7	2	147	150	19	9,2
Escória de Siderurgia	7,1	0,8	7,0	3,9	1,4	0,9	7	3	181	130	19	9,9
Doses (D)												
0 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	6,6	0,7	5,6	3,5	1,3	0,9	8	2	158	140	16	8,9
0,9 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	7,0	0,8	6,0	4,1	1,4	1,0	7	2	164	136	18	9,5
1,8 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	7,3	0,8	6,9	4,3	1,7	1,0	7	2	157	137	19	9,9
3,6 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	7,1	0,9	6,9	4,3	1,7	1,1	7	3	177	146	24	9,9
Teste F												
Fonte (F)	0,58 ^{NS}	2,07 ^{NS}	11,13 ^{**}	3,55 ^{NS}	5,74 [*]	3,53 ^{NS}	0,07 ^{NS}	0,33 ^{NS}	20,02 ^{**}	9,62 ^{**}	0,00 ^{NS}	48,66 ^{**}
Dose (D)	1,38 ^{NS}	2,70 ^{NS}	2,84 ^{NS}	6,20 ^{**}	7,05 ^{**}	0,68 ^{NS}	2,63 ^{NS}	1,97 ^{NS}	1,50 ^{NS}	0,47 ^{NS}	8,55 [*]	24,11 ^{**}
(F) x (D)	6,32 ^{**}	0,47 ^{NS}	0,84 ^{NS}	6,02 ^{**}	1,44 ^{NS}	0,61 ^{NS}	2,04 ^{NS}	0,55 ^{NS}	4,43 [*]	1,28 ^{NS}	0,49 ^{NS}	10,06 ^{**}
C.V. (%)	9,5	15,1	17,1	10,8	13,9	21,5	8,5	22,4	12,8	13,0	17,3	2,6

NS: Não significativo. **: Significativo a 1 % de probabilidade. *: Significativo a 5 % de probabilidade. F= fonte de material corretivo; D= dose de material corretivo.

Tabela 34 – Teores de macronutrientes, micronutrientes e silício, nos colmos, em função da aplicação de fontes e doses dos materiais corretivos no solo, aos doze meses após a brotação da cana soca (4º ciclo).

Tratamentos	g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹					g kg ⁻¹		
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Si	
Fontes (F)													
Calcário	2,5	0,2	1,9	0,7	0,8	0,5	4	1	62	46	12	5,7	
Escória de Siderurgia	2,3	0,3	1,6	0,6	0,8	0,5	4	1	64	43	12	6,0	
Doses (D)													
0 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	2,0	0,2	1,8	0,6	0,8	0,5	4	1	62	49	10	5,3	
0,9 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	2,3	0,2	2,0	0,6	0,8	0,5	4	1	68	49	11	5,5	
1,8 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	2,4	0,3	1,5	0,7	0,9	0,5	4	1	57	41	12	6,0	
3,6 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	3,0	0,3	1,8	0,7	0,9	0,5	4	1	64	38	15	6,6	
Teste F													
Fonte (F)	7,38*	1,35 ^{NS}	2,58 ^{NS}	2,20 ^{NS}	0,15 ^{NS}	0,04 ^{NS}	0,03 ^{NS}	4,40*	0,45 ^{NS}	1,63 ^{NS}	0,03 ^{NS}	5,84*	
Dose (D)	27,98*	0,49 ^{NS}	1,20 ^{NS}	2,12 ^{NS}	0,05 ^{NS}	0,22 ^{NS}	0,36 ^{NS}	0,81 ^{NS}	2,31 ^{NS}	4,62*	4,32*	13,64*	
(F) x (D)	1,41 ^{NS}	0,34 ^{NS}	1,40 ^{NS}	3,34*	0,86 ^{NS}	1,35 ^{NS}	1,02 ^{NS}	2,12 ^{NS}	6,05**	1,21 ^{NS}	0,28 ^{NS}	1,04 ^{NS}	
C.V. (%)	9,0	25,6	27,5	11,0	10,6	17,2	23,7	30,3	13,7	15,7	24,0	7,3	

NS: Não significativo. *: Significativo a 1 % de probabilidade. **: Significativo a 5 % de probabilidade. F= fonte de material corretivo; D= dose de material corretivo.

Tabela 35 – Acúmulo de macronutrientes, micronutrientes e silício, nas folhas, em função da aplicação de fontes e doses dos materiais corretivos no solo, aos doze meses após a brotação da cana soca (4º ciclo).

Tratamentos	kg ha ⁻¹				g ha ⁻¹				kg ha ⁻¹			
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Si
Fontes (F)												
Calcário	100,2	11,2	82,3	63,0	23,8	15,6	113	38	2146	2156	269	134,7
Escória de Siderurgia	73,9	8,7	73,7	41,1	15,1	9,5	79	29	1951	1338	200	102,9
Doses (D)												
0 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	81,9	8,9	67,1	44,0	16,3	11,5	9,7	29	1920	1744	194	108,8
0,9 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	86,9	9,6	72,8	51,4	17,2	12,4	87	32	2001	1659	221	115,3
1,8 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	105,2	11,8	98,2	67,4	26,5	15,3	118	40	2256	2089	276	146,7
3,6 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	74,1	9,7	73,9	45,3	17,8	11,1	81	33	2017	1485	248	104,4
Teste F												
Fonte (F)	13,80**	6,58*	1,34NS	17,87**	19,28**	18,35**	29,06**	4,00NS	0,72NS	41,18**	10,66**	14,94**
Dose (D)	3,47*	1,62NS	3,48*	4,28*	5,62**	1,73NS	6,37**	1,15NS	0,40NS	4,10*	2,75NS	5,41**
(F) x (D)	8,03**	6,79**	5,52**	11,28**	10,02**	6,52**	18,12**	4,63*	7,78**	11,83**	5,82**	14,25**
C.V. (%)	22,9	27,4	26,7	28,1	28,9	30,9	18,7	30,3	31,4	20,6	25,4	19,5

NS: Não significativo. **: Significativo a 1 % de probabilidade. *: Significativo a 5 % de probabilidade. F= fonte de material corretivo; D= dose de material corretivo.

Tabela 36 – Acúmulo de macronutrientes, micronutrientes e silício, nos colmos, em função da aplicação de fontes e doses dos materiais corretivos no solo, aos doze meses após a brotação da cana soca (4^o ciclo).

Tratamentos	kg ha ⁻¹					g ha ⁻¹					kg ha ⁻¹	
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Si
Fontes (F)												
Calcário	52,7	5,7	39,6	13,9	18,0	11,6	89	37	1282	976	251	117,7
Escória de Siderurgia	45,5	5,9	32,6	12,2	16,5	10,2	85	26	1278	842	239	117,3
Doses (D)												
0 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	41,8	5,4	37,2	12,2	17,5	11,2	88	31	1289	1026	207	108,7
0,9 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	49,3	6,0	42,8	13,8	18,0	11,5	97	34	1491	1063	236	119,6
1,8 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	51,8	6,0	32,4	13,9	17,9	11,7	83	38	1176	873	267	123,9
3,6 t ha ⁻¹ ECaCO ₃	53,5	5,9	31,9	12,4	15,5	9,4	78	24	1164	674	270	117,7
Teste F												
Fonte (F)	4,73*	0,08 ^{NS}	3,63 ^{NS}	4,33*	2,27 ^{NS}	2,63 ^{NS}	0,24 ^{NS}	6,82*	0,00 ^{NS}	3,85 ^{NS}	0,27 ^{NS}	0,00 ^{NS}
Dose (D)	2,44 ^{NS}	0,14 ^{NS}	1,93 ^{NS}	1,23 ^{NS}	1,37 ^{NS}	1,65 ^{NS}	0,99 ^{NS}	2,14 ^{NS}	3,40*	6,71**	1,63 ^{NS}	1,49 ^{NS}
(F) x (D)	7,43**	2,44 ^{NS}	2,55 ^{NS}	8,40**	9,12**	6,88**	6,13**	6,02**	11,81**	6,73**	1,44 ^{NS}	11,58**
C.V. (%)	19,0	34,4	28,7	17,7	16,8	21,4	26,4	30,8	18,1	21,2	26,5	12,6

NS: Não significativo. **: Significativo a 1 % de probabilidade. *: Significativo a 5 % de probabilidade. F= fonte de material corretivo; D= dose de material corretivo.

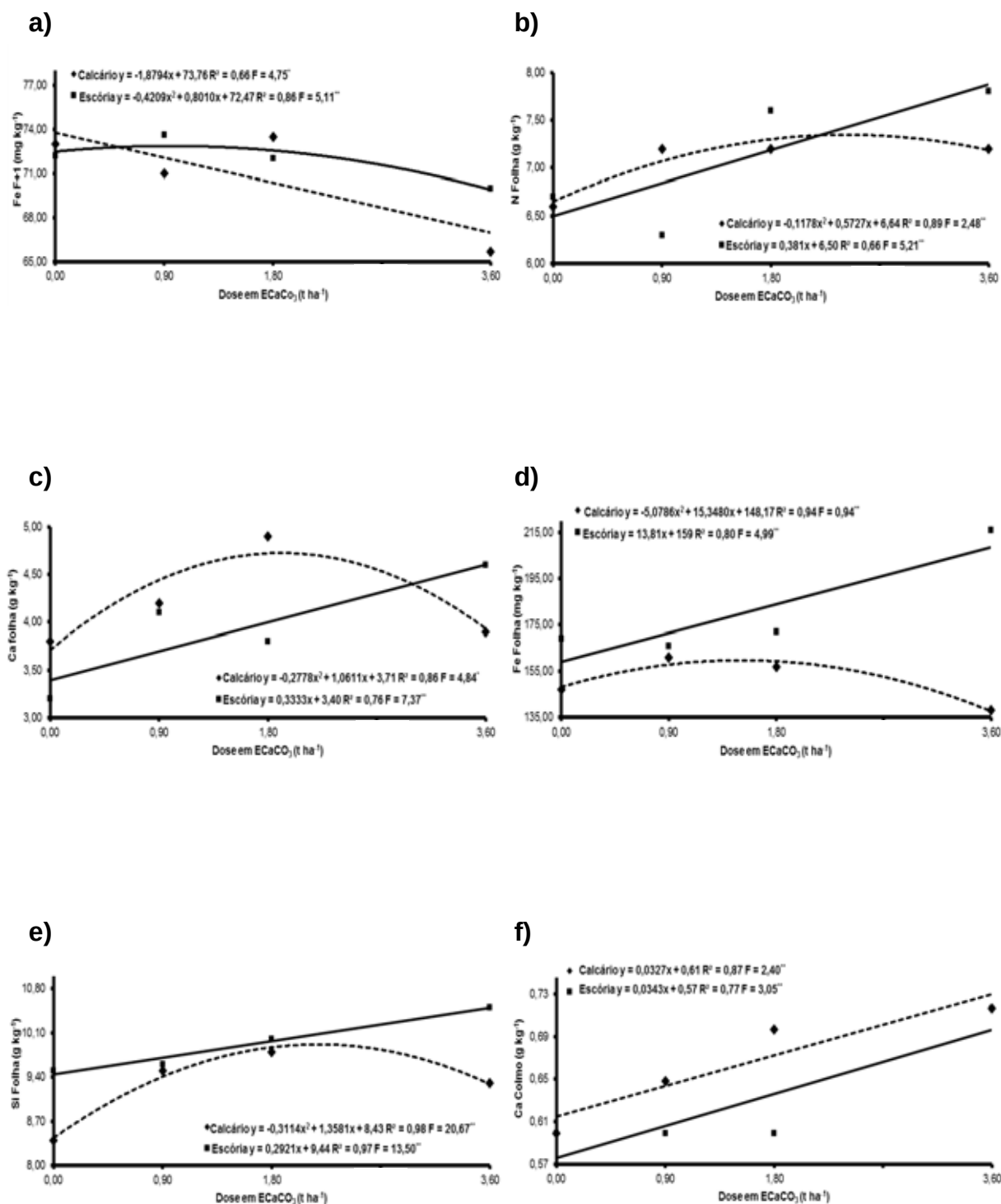


Figura 11 – Teor de Fe (a) na folha +1, teores de N (b), K (c), Fe (d) e Si (e) nas folhas, e teor de Ca (f) nos colmos, em função da aplicação de calcário e da escória de siderurgia, aos 48 meses após a brotação da cana-planta. ** e * - Significativo a 1% e 5% de probabilidade.

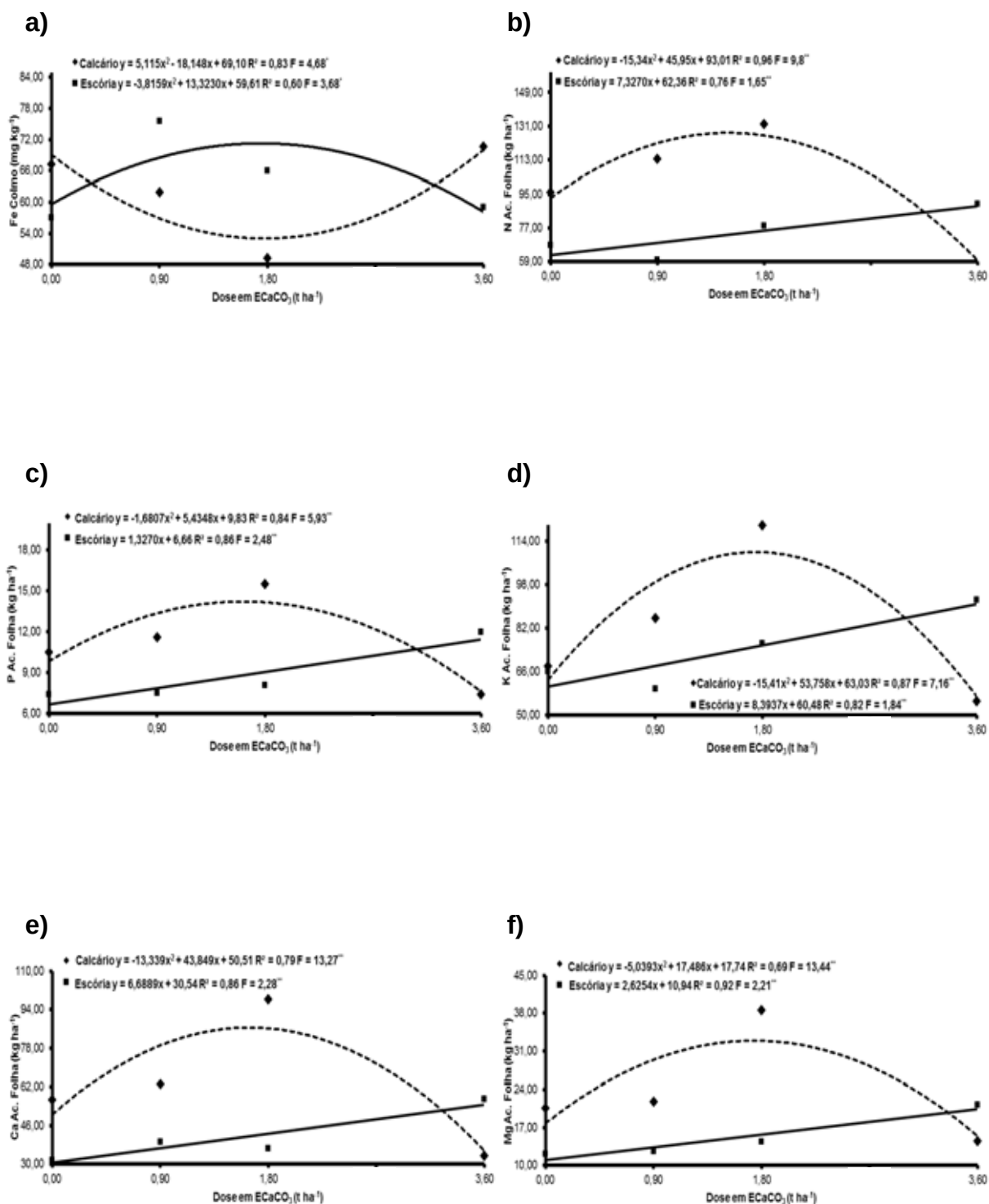


Figura 12 – Teor de Fe (a) nos colmos, acúmulo de N (b), P (c), K (d), Ca (e) e Mg (f) nas folhas, em função da aplicação de calcário e da escória de siderurgia, aos 48 meses após a brotação da cana-planta. ** e * - Significativo a 1% e 5% de probabilidade.

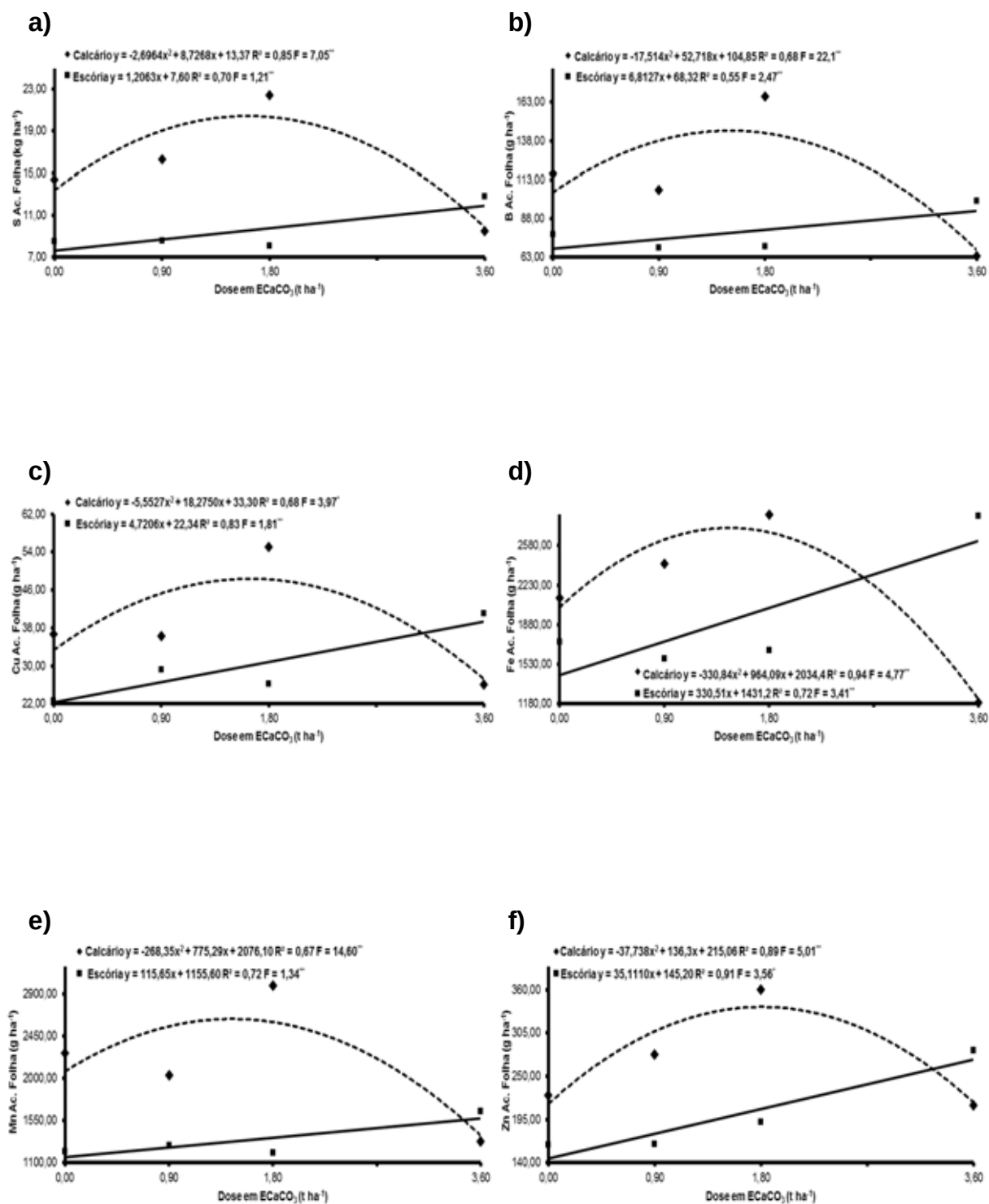


Figura 13 – Acúmulo de S (a), B (b), Cu (c), Fe (d), Mn (e) e Zn (f) nas folhas, em função da aplicação de calcário e da escória de siderurgia, aos 48 meses após a brotação da cana-planta. ** e * - Significativo a 1% e 5% de probabilidade.

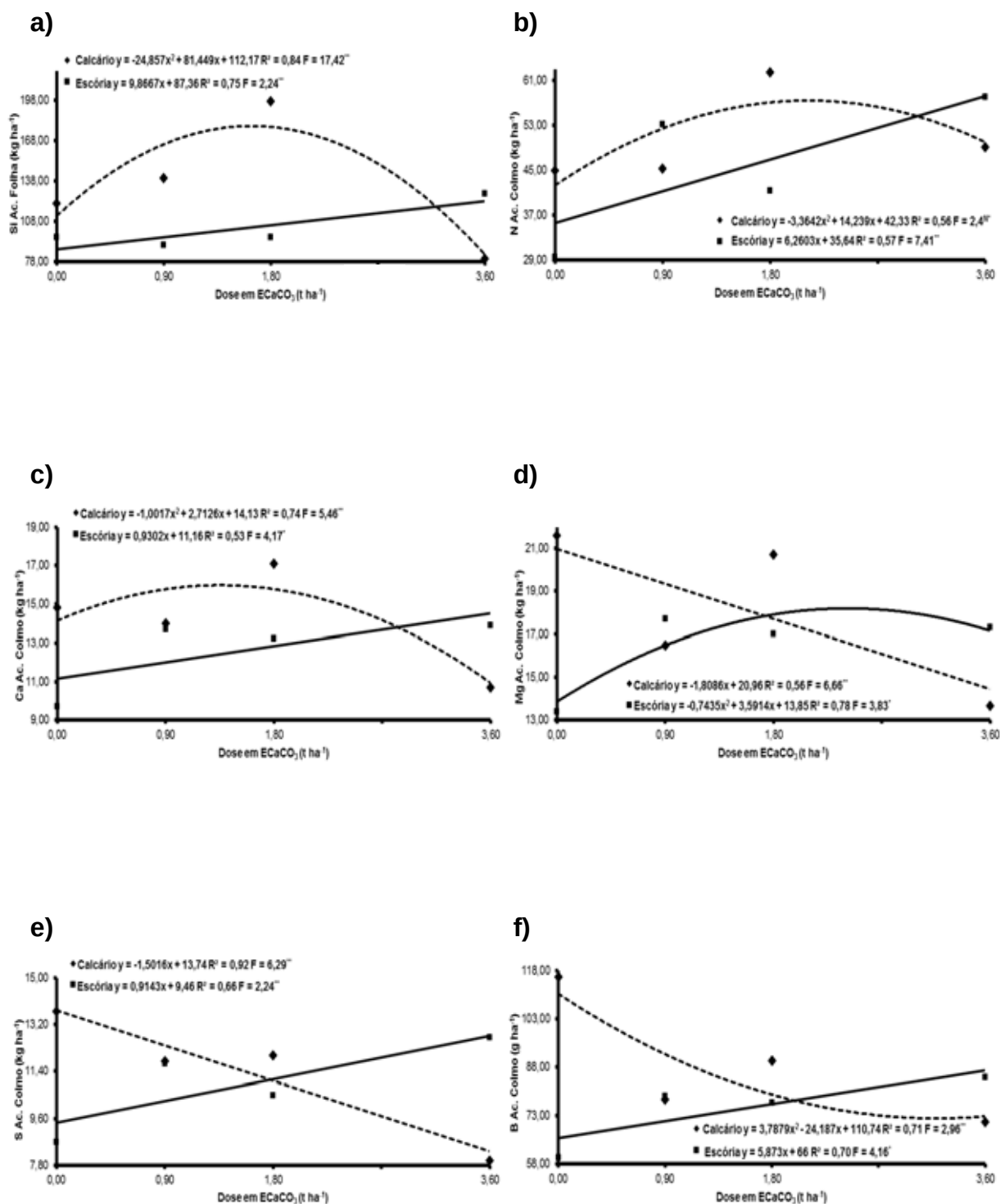


Figura 14 – Acúmulo de Si (a) nas folhas e acúmulo de N (b), Ca (c), Mg (d), S (e) e B (f) nos colmos, em função da aplicação de calcário e da escória de siderurgia, aos 48 meses após a brotação da cana-planta. ** e * - Significativo a 1% e 5% de probabilidade.

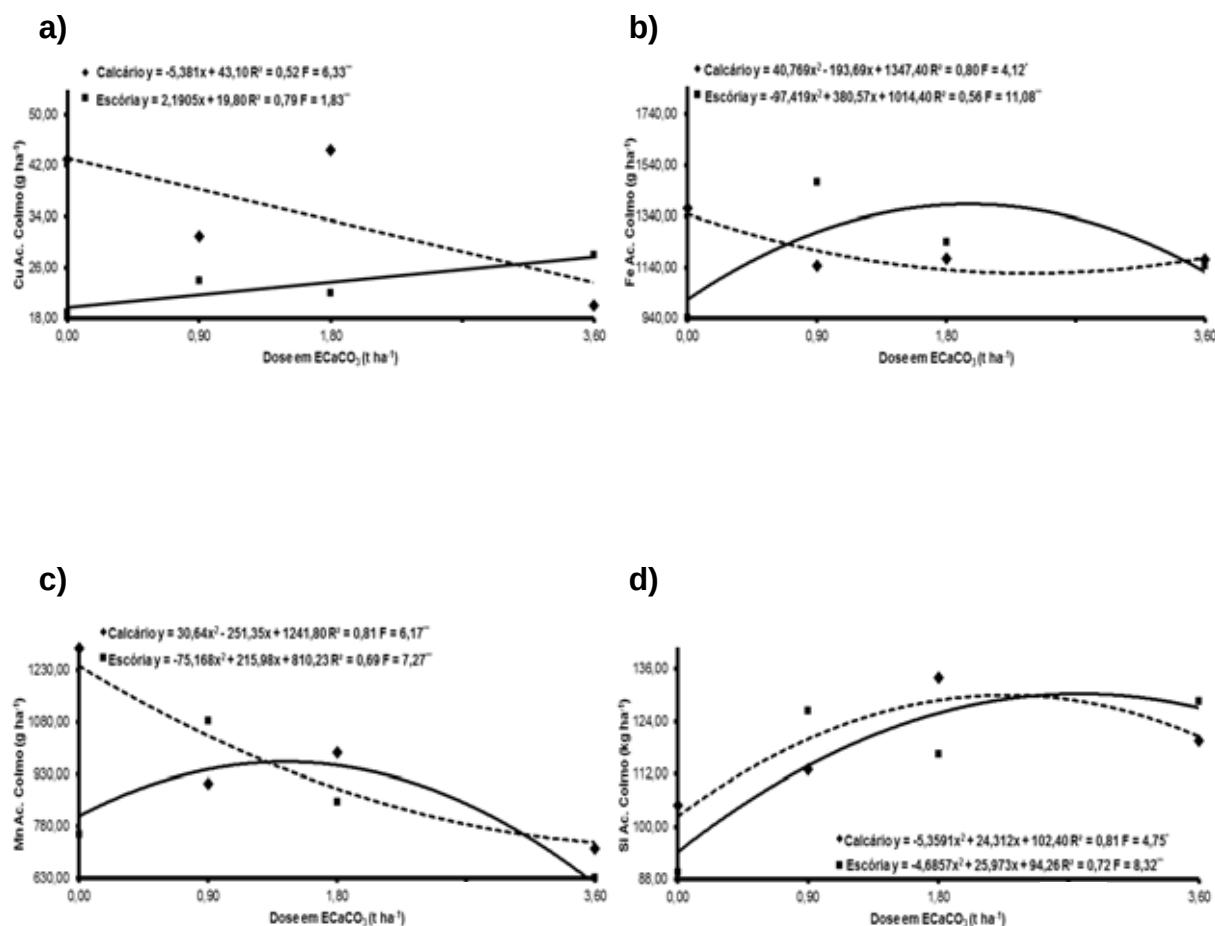


Figura 15 – Acúmulo de Cu (a), Fe (b), Mn (c) e Si (d) nos colmos, em função da aplicação de calcário e da escória de siderurgia, aos 48 meses após a brotação da cana-planta. ** e * - Significativo a 1% e 5% de probabilidade.

5.2.3 Efeitos da aplicação da escória de siderurgia nos teores de metais potencialmente tóxicos (Cd, Cr, Ni e Pb) na parte aérea da segunda e terceira soqueiras

Com relação à concentração dos metais potencialmente tóxicos determinados na parte aérea (folha e colmos) aos 36 meses após a aplicação da escória, notou-se efeito significativo para Cr, Ni e Pb. Para o elemento Cd, na parte aérea (folhas e colmos), não foi detectado pelo aparelho, provavelmente, pelo fato de sua presença ter sido abaixo do limite de detecção pela absorção atômica de chama. (Tabela 37).

Para a concentração dos metais potencialmente tóxicos determinados na parte aérea (folha e colmos) aos 48 meses após a aplicação da escória, observou-se efeito significativo para Cr, Ni e Pb. E, também, para o elemento Cd, na parte aérea (folhas e colmos), não foi detectado pelo aparelho, provavelmente, pelo fato de sua presença ter sido abaixo do limite de detecção pela absorção atômica de chama. (Tabela 38).

Salienta-se que os teores de Cd na matéria seca das plantas variam de 0,1 a 5 mg kg⁻¹ (KABATA e PENDIAS, 1984; TISDALE et al., 1985), não obstante, observou-se que as doses de escória de siderurgia aplicadas não foram suficientes para provocar incrementos de alguma natureza na parte aérea das plantas.

Após 36 meses da aplicação da escória de siderurgia verificou-se um efeito com ajuste quadrático na concentração de Cr, Ni e Pb, em função do aumento das doses da escória (Figura 16a, 16b, 16c).

Com a aplicação da escória de siderurgia, após 48 meses, verificou-se um efeito com ajuste quadrático na concentração de Cr, Ni e Pb, em função do aumento das doses da escória (Figura 17a, 17b, 17c).

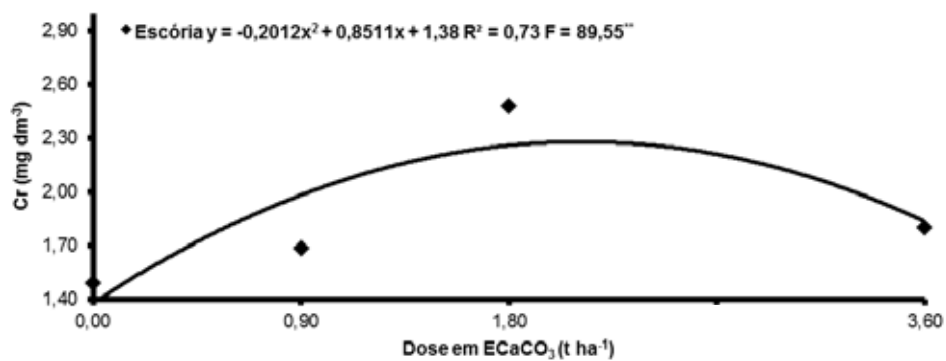
O teor total de Ni varia de 1 a 300 mg kg⁻¹ na matéria seca das plantas (KABATA E PENDIAS, 1984; TISDALE et al., 1985), assim, os valores deste elemento determinados neste trabalho são bem menores, corroborando valores determinados por PIAU (1995), trabalhando com três tipos de escória que não incrementaram a absorção de Ni em plantas de milho. A aplicação de material corretivo em solo contaminado pode elevar o pH do solo e reduzir a concentração do metal em forma disponível mediante a precipitação desse com o íon carbonato, possivelmente, essa reação pode reduzir a biodisponibilidade de metais pesados no solo e a absorção pela planta (CHLOPECKA & ADRIANO, 1996).

Tabela 37 – Concentração de Cd, Cr, Ni e Pb na folha, no colmo e na parte aérea, aos 36 meses após a aplicação da escória (3º ciclo), em função da aplicação da escória de siderurgia.

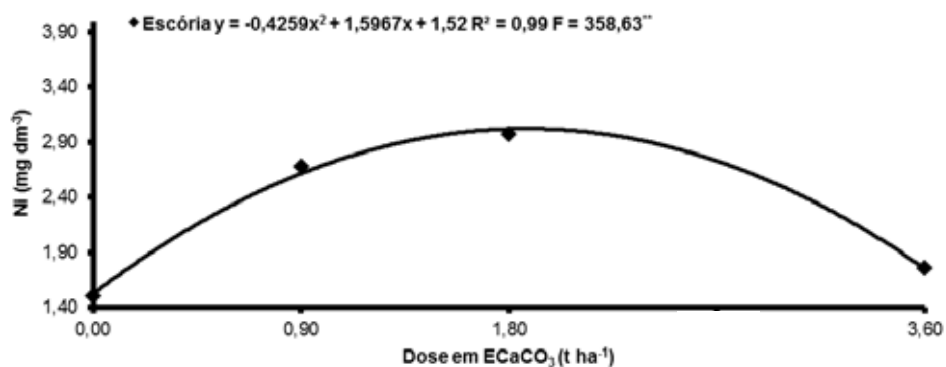
Doses de escória (t ha ⁻¹ ECaCO ₃)	Cd	Cr	Ni	Pb
	----- mg kg ⁻¹ -----			
	Folha			
0	nd	1,43	1,31	2,31
0,9	nd	1,58	2,34	3,06
1,8	nd	2,33	2,64	3,47
3,6	nd	1,66	1,61	2,71
Teste F	---	38,62**	111,85**	44,13**
C.V. (%)	---	7,2	5,95	5,1
	Colmo			
0	nd	0,06	0,19	0,35
0,9	nd	0,10	0,34	0,62
1,8	nd	0,15	0,32	0,51
3,6	nd	0,13	0,15	0,50
Teste F	---	8,06**	35,84**	12,58**
C.V. (%)	---	25,5	12,4	12,5
	Parte aérea			
0	nd	1,49	1,50	2,67
0,9	nd	1,69	2,68	3,68
1,8	nd	2,48	2,97	3,98
3,6	nd	1,80	1,76	3,22
Teste F	---	49,58**	120,13**	63,67**
C.V. (%)	---	6,5	5,7	4,3

** - Significativo a 1% de probabilidade. (nd= não detectado).

a)



b)



c)

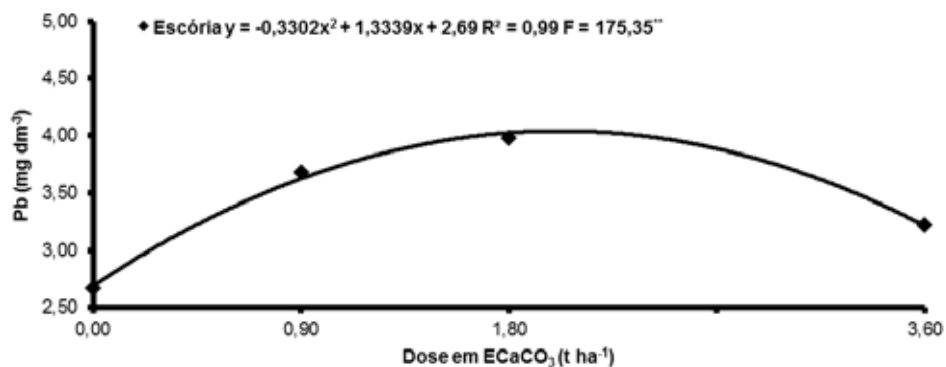


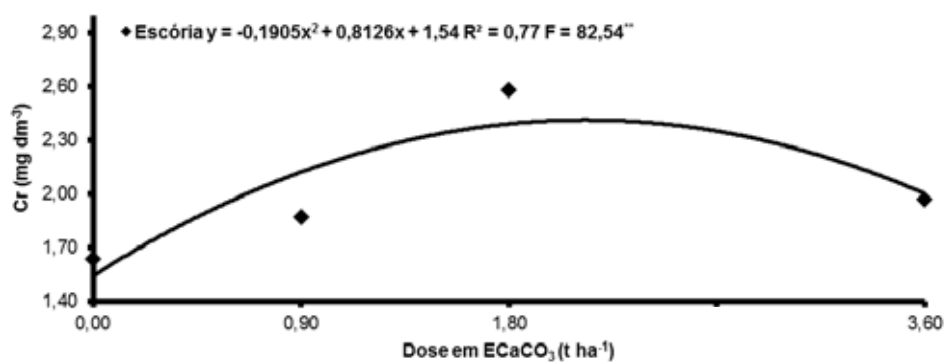
Figura 16 – Concentração de Cr, Ni e Pb na parte aérea, aos 36 meses após a aplicação da escória (3º ciclo), na segunda soqueira, em função da aplicação de escória de siderurgia. ** - Significativo a 1% de probabilidade.

Tabela 38 – Concentração de Cd, Cr, Ni e Pb na folha, no colmo e na parte aérea, aos 48 meses após a aplicação da escória (4º ciclo), em função da aplicação da escória de siderurgia.

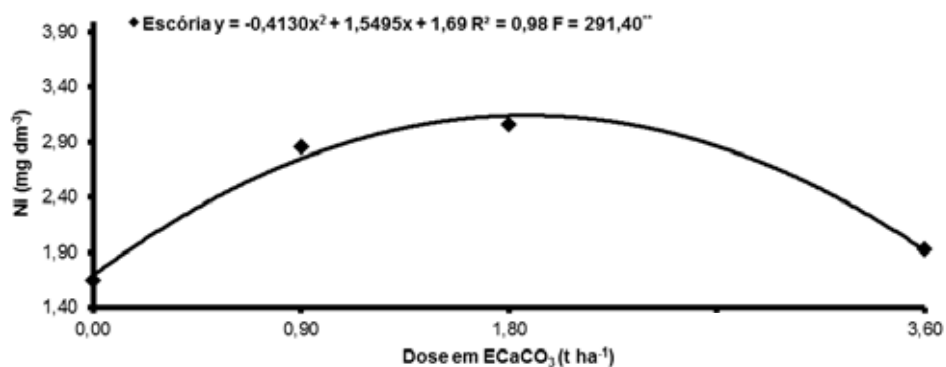
Doses de escória (t ha ⁻¹ ECaCO ₃)	Cd	Cr	Ni	Pb
	----- mg kg ⁻¹ -----			
	Folha			
0	nd	1,54	1,42	2,42
0,9	nd	1,73	2,49	3,21
1,8	nd	2,40	2,72	3,54
3,6	nd	1,80	1,75	2,85
Teste F	---	36,01**	80,62**	31,48**
C.V. (%)	---	6,6	6,4	5,6
	Colmo			
0	nd	0,09	0,23	0,39
0,9	nd	0,13	0,37	0,65
1,8	nd	0,17	0,34	0,53
3,6	nd	0,16	0,18	0,53
Teste F	---	9,54**	29,26**	12,46**
C.V. (%)	---	16,0	12,1	11,7
	Parte aérea			
0	nd	1,64	1,65	2,81
0,9	nd	1,87	2,86	3,86
1,8	nd	2,58	3,06	4,07
3,6	nd	1,97	1,93	3,39
Teste F	---	44,18**	98,56**	47,82**
C.V. (%)	---	6,0	5,8	4,5

** - Significativo a 1% de probabilidade. (nd= não detectado).

a)



b)



c)

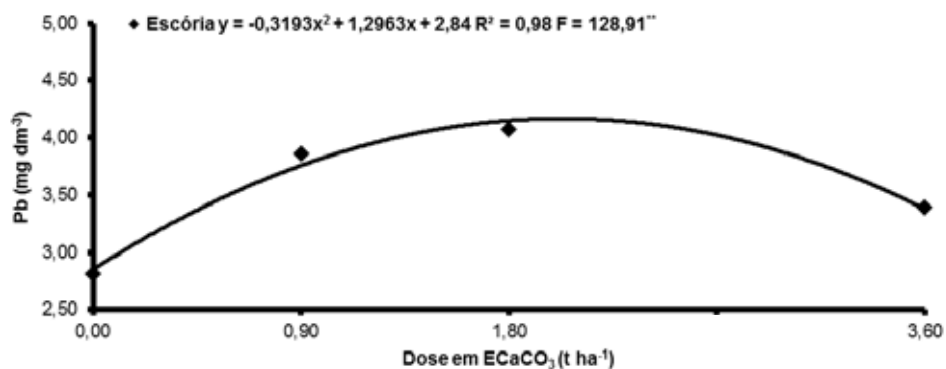


Figura 17 – Concentração de Cr, Ni e Pb na parte aérea, aos 48 meses após a aplicação da escória (3º ciclo), na terceira soqueira, em função da aplicação de escória de siderurgia. ** - Significativo a 1% de probabilidade.

5.2.4 Efeitos dos tratamentos na matéria seca e produção de colmos da segunda e terceira soqueiras

Não observou-se efeito significativo de fontes para a massa de matéria seca de folhas, de colmos e da parte aérea em função das doses e fontes de materiais corretivos aplicados aos 36 meses após a brotação da cana planta, segunda soqueira (Tabela 39). Porém, aos 48 meses após a brotação da cana planta, terceira soqueira, houve efeito significativo de fontes para todas as variáveis estudadas, exceto para a massa de matéria seca de colmos (Tabela 40).

Houve efeito significativo de doses para todas as variáveis estudadas em ambas as soqueiras estudadas (Tabela 39 e 40).

Ainda, observou-se efeito significativo de interação de fontes e doses de materiais corretivos aplicados no solo em todas as variáveis analisadas para ambas as soqueiras estudadas (Tabela 39 e 40).

Notou-se que com a aplicação dos materiais corretivos aos 36 meses após a brotação da cana planta na forma de calcário para a massa de matéria seca de folhas (Figura 18a) e da parte aérea (Figura 18c) promoveu incremento com ajuste quadrático e verificou-se ainda que para a massa de matéria seca do colmo (Figura 18b) e para a produção de colmos (Figura 18d) houve incremento com ajuste linear crescente. Quando a fonte utilizada foi a escória de siderurgia, para massa de matéria seca de folha (Figura 18a) houve incremento com ajuste linear crescente e para massa de matéria seca de colmo (Figura 18b), parte aérea (Figura 18c) e para a produção de colmos (Figura 18d) houve incremento com ajuste quadrático, sendo respectivamente, os pontos de máximo nas doses de 2,0 t ha⁻¹ produzindo 36,3 t ha⁻¹, 2,1 t ha⁻¹ produzindo 50,70 t ha⁻¹ e 2,1 t ha⁻¹ produzindo 109,12 t ha⁻¹.

Observou-se também que com a aplicação dos materiais corretivos aos 48 meses após a brotação da cana planta na forma de calcário para a massa de matéria seca de folhas (Figura 19a), de colmos (Figura 19b), da parte aérea (Figura 19c) e produção (Figura 19d) apresentaram incrementos com ajuste quadrático, sendo respectivamente, os pontos de máximo nas doses de 1,5 t

ha⁻¹ produzindo 18,22 t ha⁻¹, 1,5 t ha⁻¹ produzindo 23,42 t ha⁻¹, 1,2 t ha⁻¹ produzindo 39,97 t ha⁻¹ e 1,2 t ha⁻¹ produzindo 78,98 t ha⁻¹, porém utilizando-se a fonte escória de siderurgia, para as referidas variáveis, na mesma ordem, houve ajuste linear crescente para a primeira (Figura 19a) e para as demais o incremento ficou melhor ajustado de forma quadrática (Figura 19b, c e d), sendo respectivamente, os pontos de máximo nas doses de 1,9 t ha⁻¹ produzindo 21,02 t ha⁻¹, 2,6 t ha⁻¹ produzindo 31,67 t ha⁻¹ e 2,0 t ha⁻¹ produzindo 73,12 t ha⁻¹.

Tabela 39 – Massa de matéria seca de folhas, de colmos e da parte aérea e produção de colmos, em função da aplicação de fontes e doses de materiais corretivos no solo, aos 36 meses após a brotação da cana planta, segunda soqueira.

Tratamentos	MS folha	MS colmo	MS parte aérea	Produção de colmos
	----- t ha ⁻¹ -----			
Fontes (F)				
Calcário	12,53	28,60	41,13	88,49
Escória de Siderurgia	13,17	29,93	42,71	92,44
Teste F	1,52 ^{NS}	2,95 ^{NS}	2,66 ^{NS}	3,56 ^{NS}
Doses (D)				
t ha ⁻¹ ECaCO ₃				
0	12,86	23,95	35,71	72,55
0,9	12,02	30,57	42,65	93,73
1,8	12,40	31,02	43,68	97,01
3,6	14,13	31,53	45,66	98,58
Teste F	3,16*	20,95**	19,94**	33,57**
	Teste F			
(F) x (D)	4,45*	22,27*	27,66**	38,30**
C.V. (%)	11,3	7,5	6,5	6,5

**, * e NS - Significativo a 1% e 5% de probabilidade e não-significativo, respectivamente.

Tabela 40 – Massa de matéria seca de folhas, de colmos e da parte aérea e produção de colmos, em função da aplicação de fontes e doses de materiais corretivos no solo, aos 48 meses após a brotação da cana planta, terceira soqueira.

Tratamentos	MS folha	MS colmo	MS parte aérea	Produção de colmos
	----- t ha ⁻¹ -----			
Fontes (F)				
Calcário	14,43	20,91	35,35	71,75
Escória de Siderurgia	10,38	19,37	29,26	62,31
Teste F	21,31**	2,86 ^{NS}	14,32**	10,63**
Doses (D)				
t ha ⁻¹ ECaCO ₃				
0	12,20	20,47	31,58	61,38
0,9	12,12	21,47	33,59	74,20
1,8	14,85	20,84	35,78	73,99
3,6	10,46	17,79	28,26	58,56
Teste F	4,28*	3,18*	3,94*	8,09**
	Teste F			
(F) x (D)	11,13**	13,48**	11,89**	18,44**
C.V. (%)	19,9	12,7	14,0	12,2

**, * e NS - Significativo a 1% e 5% de probabilidade e não-significativo, respectivamente.

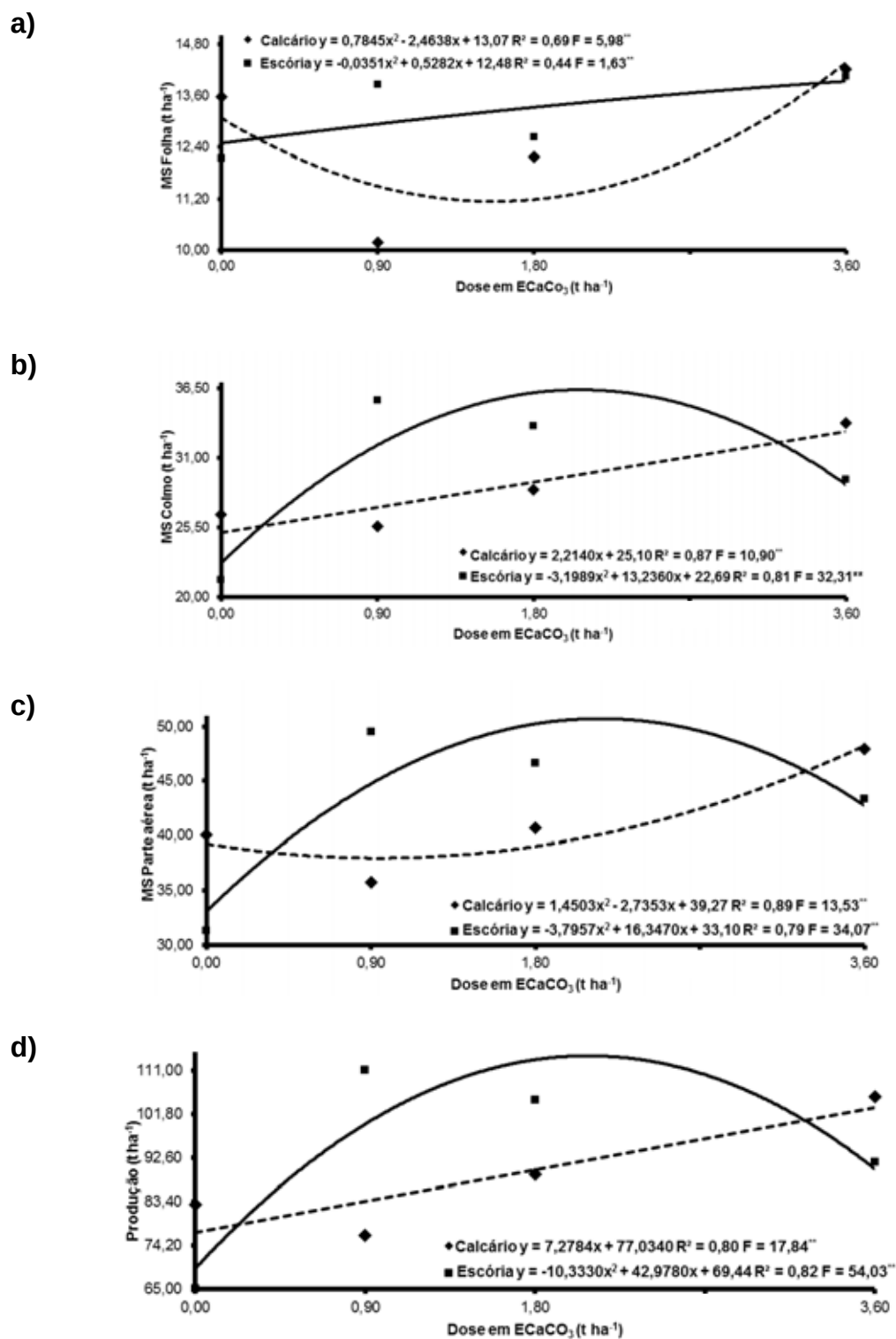


Figura 18 – Massa de matéria seca da folha (a), do colmo (b) e da parte aérea (c) e produção de colmos (d), em função da aplicação de calcário e da escória de siderurgia, aos 36 meses após a brotação da cana-planta. ** e * - Significativo a 1% e 5% de probabilidade.

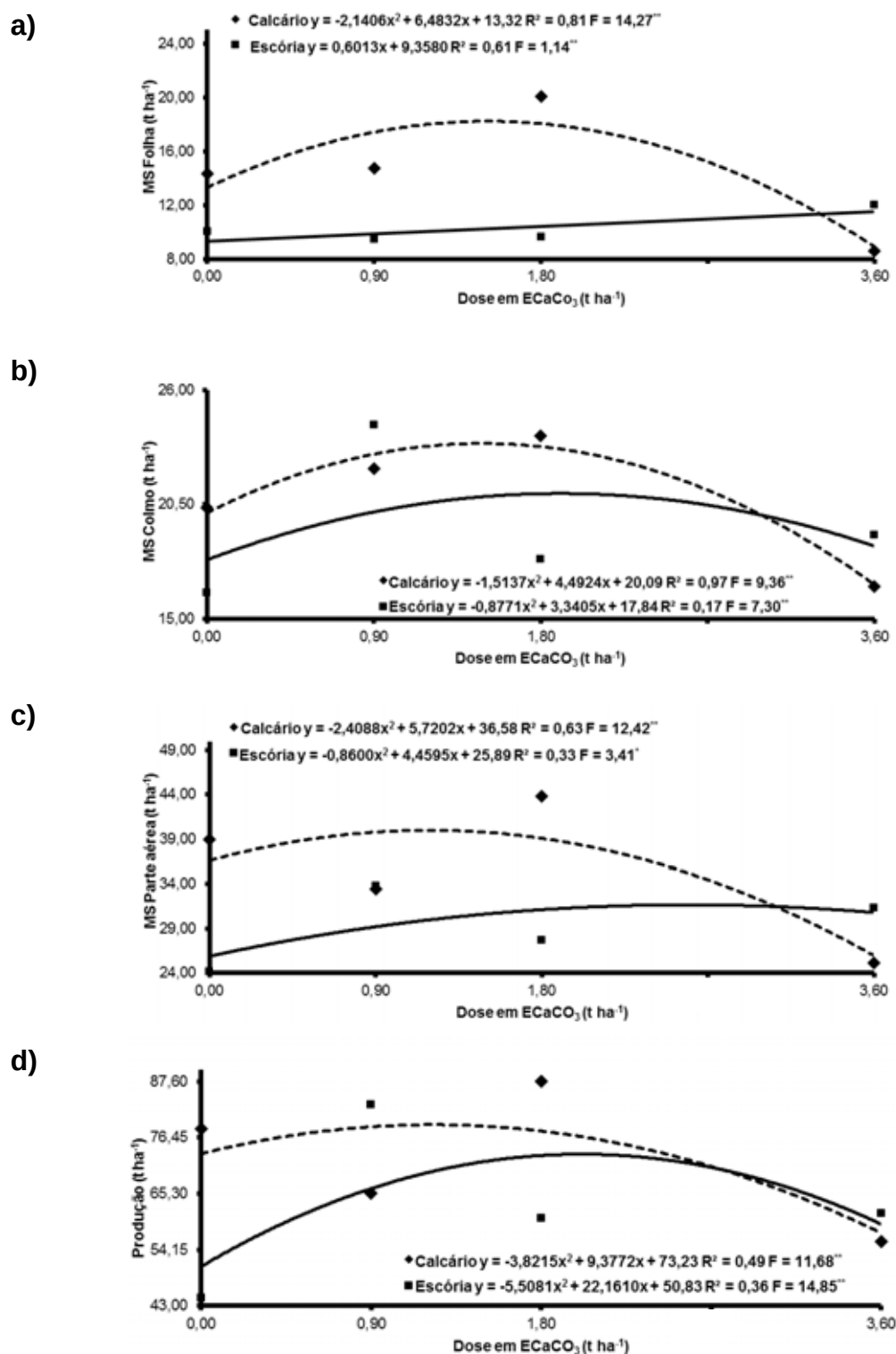


Figura 19 – Massa de matéria seca da folha (a), do colmo (b) e da parte aérea (c) e produção de colmos (d), em função da aplicação de calcário e da escória de siderurgia, aos 48 meses após a brotação da cana-planta. ** e * - Significativo a 1% e 5% de probabilidade.

5.2.5 Efeitos dos tratamentos na qualidade da segunda e terceira soqueiras

A aplicação de calcário e de escória de siderurgia provocou efeito significativo para fontes, na porcentagem de fibra e no peso do bolo úmido (PBU) para a soqueira dos 36 meses após a brotação da cana planta, para as demais variáveis tecnológicas não houveram efeitos significativos (Tabela 41). Para a soqueira dos 48 meses após a brotação da cana planta, não houveram efeitos significativos para fontes (Tabela 42).

Também, não houveram efeitos significativos para doses nas variáveis tecnológicas para a soqueira dos 36 meses após a brotação da cana planta (Tabela 41). Porém, foi significativo para doses, apenas para a variável porcentagem de pureza do caldo, para a soqueira dos 48 meses após a brotação da cana planta (Tabela 42).

Não houveram efeitos significativos para interação entre fontes e doses nas variáveis tecnológicas para ambas as soqueiras estudadas (Tabelas, 41 e 42).

Pelos resultados obtidos, a qualidade tecnológica dos colmos no experimento apresentou as seguintes características: aos 36 meses após a brotação da cana planta: °Brix (20,00 a 20,92 °Brix), ART (20,04 a 20,25%), Pol (18,60 a 18,80%), AR (média de 0,46%), Pureza (89,63 a 90,05%), PC (15,98 a 16,24%), Fibra (10,81 a 11,16%), ATR (açúcar teórico recuperável) (157,90 a 159,14 kg ha⁻¹) e PBU (massa do bolo úmido) (124,18 a 128,66 kg ha⁻¹) (Tabela 41). E aos 48 meses após a brotação da cana planta: °Brix (20,48 a 21,09 °Brix), ART (20,02 a 20,75%), Pol (18,59 a 19,29%), AR (média de 0,45%), Pureza (90,74 a 91,45%), PC (15,79 a 16,41%), Fibra (11,64 a 11,82%), ATR (açúcar teórico recuperável) (154,52 a 160,20 kg ha⁻¹) e PBU (peso do bolo úmido) (134,62 a 136,85 kg ha⁻¹) (Tabela 42).

Tabela 41 – Resultados médios das variáveis, °Brix, % de Açúcares Redutores Totais (ART), teor de sacarose (Pol % cana), % de açúcares redutores (AR), % de pureza do caldo, quantidade de açúcar contida nos colmos (PC), % de fibra, Açúcar Teórico Recuperável (ATR) e massa do bolo úmido (PBU) da segunda soqueira de cana-de-açúcar em função da aplicação do material corretivo no solo, aos 36 meses após a brotação da cana-planta.

Tratamentos	°Brix	ART	POL	AR	PUREZA	PC	FIBRA	ATR	PBU
					%			kg ha ⁻¹	
Fontes (F)									
Calcário	20,66	19,96	18,53	0,46	89,64	15,90	11,20	155,96	129,05
Escória de Siderurgia	21,00	20,36	18,90	0,46	90,00	16,36	10,73	160,61	123,22
Teste F	1,44 ^{NS}	1,50 ^{NS}	1,48 ^{NS}	--	0,54 ^{NS}	3,04 ^{NS}	10,06 ^{**}	3,18 ^{NS}	10,07 ^{**}
Doses (D)									
t ha ⁻¹									
ECaCO ₃									
0	20,84	20,17	18,72	0,46	89,90	16,11	11,05	157,90	127,27
0,9	20,00	20,19	18,74	0,46	89,60	16,20	10,81	158,77	124,18
1,8	20,92	20,25	18,80	0,46	89,81	16,24	10,83	159,14	124,43
3,6	20,65	20,04	18,60	0,46	90,05	15,98	11,16	156,54	128,66
Teste F	0,19 ^{NS}	0,07 ^{NS}	0,07 ^{NS}	--	0,13 ^{NS}	0,20 ^{NS}	1,40 ^{NS}	0,24 ^{NS}	1,42 ^{NS}
Teste F									
(F) x (D)	0,32 ^{NS}	0,41 ^{NS}	0,41 ^{NS}	--	0,39 ^{NS}	0,64 ^{NS}	0,90 ^{NS}	0,65 ^{NS}	0,90 ^{NS}
C.V. (%)	3,8	4,5	4,6	--	1,5	4,5	3,8	4,2	4,1

** e NS - Significativo a 1% de probabilidade e não-significativo, respectivamente.

Tabela 42 – Resultados médios das variáveis, °Brix, % de Açúcares Redutores Totais (ART), teor de sacarose (Pol % cana), % de açúcares redutores (AR), % de pureza do caldo, quantidade de açúcar contida nos colmos (PC), % de fibra, Açúcar Teórico Recuperável (ATR) e massa do bolo úmido (PBU) da terceira soqueira de cana-de-açúcar em função da aplicação do material corretivo no solo, aos 48 meses após a brotação da cana-planta.

Tratamentos	°Brix	ART	POL	AR	PUREZA	PC	FIBRA	ATR	PBU
					%			kg ha ⁻¹	
Fontes (F)									
Calcário	20,97	20,59	19,14	0,45	91,25	16,26	11,81	158,82	136,75
Escória de Siderurgia	20,66	20,27	18,83	0,45	91,11	16,04	11,66	156,80	134,90
Teste F	1,72 ^{NS}	1,63 ^{NS}	1,65 ^{NS}	--	0,81 ^{NS}	1,21 ^{NS}	2,18 ^{NS}	1,20 ^{NS}	2,20 ^{NS}
Doses (D)									
t ha ⁻¹									
ECaCO ₃									
0	21,09	20,75	19,29	0,45	91,45	16,41	11,75	160,20	135,93
0,9	20,48	20,02	18,59	0,45	90,74	15,79	11,82	154,52	136,85
1,8	20,91	20,54	19,08	0,45	91,23	16,26	11,64	158,85	134,62
3,6	20,78	20,42	18,97	0,45	91,29	16,14	11,74	157,68	135,91
Teste F	1,23 ^{NS}	1,54 ^{NS}	1,54 ^{NS}	--	3,80*	1,75 ^{NS}	0,55 ^{NS}	1,72 ^{NS}	0,54 ^{NS}
Teste F									
(F) x (D)	0,19 ^{NS}	0,15 ^{NS}	0,15 ^{NS}	--	0,14 ^{NS}	0,18 ^{NS}	1,45 ^{NS}	0,19 ^{NS}	1,46 ^{NS}
C.V. (%)	3,1	3,4	3,5	--	0,4	3,4	2,4	3,2	2,5

* e NS - Significativo a 5% de probabilidade e não-significativo, respectivamente.

6. CONCLUSÕES

O efeito residual do calcário e da escória de siderurgia apresentaram comportamento semelhante nos atributos químicos do solo aos 30 meses e aos 36 meses a escória mostrou-se com melhor desempenho que o calcário em alguns atributos (pH, V% e Si).

Aos 42 meses a escória apresentou-se melhor que o calcário para Mg e Si e aos 48 meses para pH, H+Al, T, V% e Si, implicando-se isto na utilização da maior dose.

O efeito residual dos corretivos fora semelhante no crescimento das soqueiras. As aplicações dos materiais corretivos não afetaram a altura e o diâmetro dos perfilhos aos 120 DAB e a altura e o diâmetro de colmos aos 270 DAB da soqueira (3° e 4° ciclo). Entretanto, influenciou em maior número de perfilhos aos 120 DAB, número de colmos aos 270 e 390 DAB da soqueira (3° ciclo) e na altura e no diâmetro de colmos aos 270 DAB e a altura e o número de colmos aos 390 DAB da soqueira (4° ciclo).

Não houve diferença para o efeito residual dos corretivos quanto ao estado nutricional das soqueiras. Para o Si, houve um aumento em ambas as fontes utilizadas quando da aplicação da maior dose.

Houve incremento semelhante no efeito residual dos corretivos para matéria seca e produção.

A qualidade tecnológica das soqueiras não foi influenciada pelo efeito residual das fontes e doses dos materiais corretivos.

Os teores de Cd, Cr, Ni e Pb não apresentaram níveis tóxicos no solo e na parte aérea da cana-de-açúcar.

7. REFERÊNCIAS

- ABREU, C.A.; ABREU, M.F.; BERTON, R.S. Análise química de solo para metais pesados. In: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. (Org.). Tópicos em Ciência do Solo. 1 ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.2, p.645-692. 2002.
- AGARIE, S.; UCHIDA, H.; AGATA, W.; KUBOTA, F.; KAUFMAN, P. T. Effects of silicon on transpiration and leaf conductance in rice plants (*Oryza sativa* L.). Plant Production Science, v. 1, p. 89-95, 1998.
- AGRIANUAL 2014. Anuário da Agricultura Brasileira. FNP. São Paulo, 2014.
- ALCARDE, J.C. Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas. São Paulo: ANDA – Associação Nacional para Difusão de Adubos, 26p., (Boletim Técnico, 6). 1992
- ALMEIDA, T. B. Efeito residual do calcário e da escória de siderurgia na primeira soqueira da cultura da cana-de-açúcar. 2011. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 60f. 2011.
- ANDERSON, D.L.; SNYDER, G.H.; MARTIN, F.G. Multi-year response of sugarcane to calcium silicate slag on Everglade Histosols. Agronomy Journal, Madison, v.83, p.870-874. 1991.
- 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. (T025-3 CD-ROM), 1999.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS - ANDA. Setor de fertilizantes - Anuário estatístico 2013.
- AVALHÃES, C.C. Escória de siderurgia na cultura da cana planta: Efeitos no solo, na nutrição e na produtividade. 2010. 98f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.
- BARBOSA, J.C.; MALDONADO JR., W. AgroEstat – Sistema de análises estatísticas de ensaios agrônômicos, Versão 1.0, Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, s/paginação, 2011.

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. Métodos de análise química de plantas. IAC - Instituto Agrônômico de Campinas, Campinas, 48p. 1983.

BITTENCOURT, M.F.; NOKAGHI, R.M.; KORDORFER, G.H.; VOSS, L.R.; JARUSSI, J.R.; CAMARGO, M.S.; PEREIRA, H.S. Efeito do silicato de cálcio sobre a produção e qualidade da cana-de-açúcar - Usina Equipa, Cd ROM XXIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, p.66, 2003.

BRADY, N.C. Natureza e Propriedades dos Solos, 7.ed. New York: John Wiley, 898p., 1989.

Ministério do Desenvolvimento Agrário. BRASIL. Inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura. Brasília: MDA, 2004.

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

CARVALHO-PUPATTO, J.G.; BULL, L.T.; CRUSCIOL, C.A.C.; MAUAD, M. SILVA, R.H. Efeito de escória de alto forno no crescimento radicular e na produtividade de arroz. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 38, n. 11, p.1323-1328, 2003.

CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Manual de Instruções. Piracicaba: Consecana. 112p. 2006.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução 375: Uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados: critérios para projeto e operação. Brasília, 2006. 31p.

CORREA, J.C.; BULL, L.T.; PAGANINI, W.S.; GUERRINI, I.A. Disponibilidade de metais pesados em Latossolo com aplicação superficial de escória, lama cal, lodos de esgoto e calcário. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.43, p.411-419, 2008.

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

- DEREN, C. W.; DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; MARTIN, F. G. Silicon concentration, disease response, and yield components of rice genotypes grown on flooded organic histosols. *Crop Science*, v. 34, p. 733-737, 1994.
- ECHAVARRIA, M. To burn or not burn: enviromental, technological and economic considerations. In: CONGRESS INTERNATIONAL SOCIETY SUGARCANE, 22., Cartagena, 1995. Proceedings. Cartagena: ISSC, v.2, p.38-43, 1995.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: CNPS, 306p. 2006.
- EPSTEIN, E. Silicon. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. v. 50, p.641-664, 1999.
- FARIA, R. Efeito da acumulação de silício e tolerância das plantas de arroz do sequeiro ao déficit hídrico do solo. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Solos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.
- FORTES, J.L.O. Eficiência de duas escórias de siderurgia, do Estado do Maranhão, na correção da acidez do solo. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.
- KABATA, A. L.; PENDIAS, H. Trace elements in soil and plants. Boca Raton, CRC Press, 315p. 1984.
- KORNDÖRFER, G.H.; DATNOFF L.E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana-de-açúcar e do arroz. *Informações Agronômicas*. v.70, p.1-5, 1995.
- KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. de. Papel do silício na produção da cana-de-açúcar. *STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos*, v.21, p.6-9, 2002.
- KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; NOLLA, A. Análise de silício: solo, planta e fertilizante. Uberlândia: (Boletim Técnico, 2), GPSi-ICIAG-UFU, 34p. 2004.
- KRASKA, J.E.; BREITENBECK, G.A. Simple, robust method for quantifying silicon in plant tissue. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 41; n.17, p.2075-2085. 2010.
- LINDSAY, W.L. Chemical Equilibria in Soils. New York, Chichester, Brisbane, Toronto. John Wiley e Sons. Inc. 449 p. 1979.

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. Piracicaba: Ceres. 215 p. 1980.

MANTOVANI, J.R.; CRUZ, M.C.P.; FERREIRA, M.E.; ALVES, W.L. Extratores para avaliação da disponibilidade de metais pesados em solos adubados com vermicomposto de lixo urbano. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.39, p.371-378, 2004.

MARIN, F.R., Solo, Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_18_3112006152934.html>, Acesso em: 12/12/2013.

MARTINS, C.E. Práticas agrícolas relacionadas à calagem do solo. EMBRAPA Gado de Leite, Juiz de Fora-MG, 2005.

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

MATTIAZZO, M.E.; BERTON, R.S.; CRUZ, M.C.P. Disponibilidade e avaliação de metais pesados potencialmente tóxicos. In: FERREIRA, M. E. (Ed.). Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura. Jaboticabal: CNPq: FAPESP: Potafos, 599p. 2001.

MEHLICH, A. Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. Communications in Soil Science and Plant Analysis, v. 15, p. 1409-1416. 1984.

MIOCQUE, J. Avaliação de crescimento e de produtividade de matéria verde da cana-de-açúcar na região de Araraquara – SP, STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos. v.17, n.4, p.45-47, 1999.

NAIDOO, P. V.; MCFARLANE, S. A.; KEEPING, M. G.; CALDWELL, P. M. Deposition of silicon in leaves of sugar cane (*Saccharum* spp. Hybrids) and its effect on the severity of brown rust caused by *Puccinia melanocephala*. Proceedings of the South African Sugar Technologists' Association, Brisbane, v. 82, 2009.

OLIVEIRA, M. W.; TRIVELIN, P. C. O.; GAVA, G. J. C.; PENATTI, C. P. Degradação da palhada de cana-de-açúcar. Scientia Agrícola, Piracicaba: v.56 n.4, p.803-809, out./dez, 1999.

OLIVEIRA, R.A. DAROS, E.; ZAMBON, J. L. C.; WEBER, H.; IDO, O. T.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; KOEHLER, H. S.; SILVA, D. K. T. Crescimento e

desenvolvimento de três Cultivares de cana-de-açúcar, em cana planta, no Estado do Paraná. *Scientia Agraria*, v.5, n.1-2, p.87-94, 2004.

PIAU, W.C. Efeitos das escórias de siderurgia em atributos químicos de solo e na cultura do milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, 1995. 124p. Tese (Doutorado), Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

PIAU, W.C. Viabilidade do uso de escórias como corretivos e fertilizantes. Dissertação (Mestrado), Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.

PRADO, H.; ROSSETO, R.; LANDELL, M.G.A. Instituto Agrônomo de Campinas propõe classificação de solos adaptada para a cultura da cana-de-açúcar. *STAB – Açúcar, Alcool e Subprodutos*, v.16, p.13, 1998.

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

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. Eficiência da escória de siderurgia em Latossolo Vermelho na nutrição e na produção de matéria seca de cana-de-açúcar cultivada em vaso. *STAB Açúcar, Alcool e Subprodutos*, v. 19, p. 26-29, 2001.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. 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. Resposta da cana-de-açúcar à aplicação da escória silicatada como corretivo de acidez do solo. 2000. 97f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2000.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M.; NATALE, W. Uso agrícola da escória no Brasil: estudos na cultura da cana-de-açúcar. Jaboticabal: FUNEP. 67p. 2001a.

PRADO, R.M.; NATALE, W. Calagem na nutrição de cálcio e no desenvolvimento do sistema radicular da goiabeira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 39, n. 10, p.1007-1012, 2004.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M. Escória de siderurgia e calcário na correção da acidez do solo cultivado com cana-de-açúcar em vasos. *Scientia Agricola*, v. 57, n.4, p.739-744, 2000a.

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

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

PREZOTTI, L.C.; MARTINS, A.G. Efeito da escória de siderurgia na química do solo e na absorção de nutrientes e metais pesados pela cana-de-açúcar. *Rev. Ceres* [online], vol.59, n.4, p. 530-536. 2012.

RAID, R.N; ANDERSON, D.L; ULLA, 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, p. 84-88, 1992.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, 285p., 2001.

RAIJ, B. van; 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, 2a edição, Fundação IAC, Campinas, p.233-243, (Boletim Técnico, 100), 1997.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A & FURLANI, A.M.C., Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo, 2a edição, Fundação IAC, Campinas, 285p. (Boletim Técnico, 100), 1997.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A; FURLANI, A.M.C., Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo, 2a edição, Fundação IAC, Campinas, 285p. (Boletim Técnico, 100), 1996.

RAIJ, B.van. Fertilidade do solo e adubação. São Paulo: Ceres/Potafos, 343p. 1991.

ROSS, L.; NABABSING, P.; Wong You Cheong, Y. Residual effect of calcium silicate applied to sugarcane soils. In: International Congress the Society Sugar Cane Technology 15, v.15, n.2, p.539-542, 1974.

ROSSETTO, R.; KORNDÖRFER, G.H.; DIAS, F.L.F. Nutrição e adubação de cana-de-açúcar. In: MARQUES, M.O.; MUTTON, M.A.; NOGUEIRA, T.A.R.; TASSO JÚNIOR, L. C.; NOGUEIRA, G.A.; BERNARDI, J.H. (Org.). Tecnologia na Agroindústria Canavieira. FCAV/Unesp, v.1, p.125-139, 2008.

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

RUDORFF, B.F.T.; AGUIAR, D.A.; SILVA, W.F., SUGAWARA, L.M.; ADAMI, M.; MOREIRA, M.A. Studies on the rapid expansion of sugarcane for ethanol production in São Paulo State (Brazil). using Landsat data. Remote Sens., 2, p. 1057-1076, 2010.

SALATA, J.C.; SANTOS, E.; DEMATTÊ, J.L.I. Ação do calcário e gesso em solos de baixa fertilidade e na recuperação de soqueiras de cana-de-açúcar. STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos, v.14, p.19-22, 1995.

SAVANT, N.K.; KORNDÖRFER G.H.; SNYDER, G.H.; DATNOFF, L.E. Silicon Nutrition and Sugarcane Production: A review. Journal of Plant Nutrition. v. 12, n. 22, p. 1853-1903, 1999.

Secretaria de agricultura e Abastecimento. CATI-Coordenadoria de Assistência Técnica Integral/IEA-Instituto de Economia Agrícola, Projeto LUPA 2008. <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa/dadosmunicipais/pdf/t276.pdf>>.

Acessado em: 10 fevereiro 2012.

SILVEIRA J, E.G.; PENATTI, C.; KORNDORFER, G.H.; CAMARGO, M.S. Silicato de cálcio e calcário na produção e qualidade da cana-de-açúcar-Usina Catanduva, Cd ROM XXIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. 2003.

Sobral, M.F.; Nascimento, C.W.A; Cunha, K.P.V.; Ferreira, H.A.; Silva, A.J.; Silva, F.B.V. Escória de siderurgia e seus efeitos nos teores de nutrientes e metais pesados em cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, p.867-872, 2011.

SOUZA, C. M. Uso Agrícola da Escória. UFV e PARCERIAS, Viçosa-MG, v.4, p.18-20, 2002.

- 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. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo, 2a edição, Fundação IAC, Campinas, p.237-239, (Boletim Técnico, 100), 1997.
- SUGUITANI, C. Fenologia da cana-de-açúcar (*Sacharum* spp.) sob efeito do fósforo. Piracicaba, Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 79p. 2001.
- TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. Soil fertility and fertilizers. Macmillan Publisching, 754p. 1985.
- USEPA. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Test method for evaluating solid waste. Report number SW-846. Washington. DC, 152p., 1986.
- WEIER, K.L. Sugarcane fields: sources or sinks for greenhouse gas emissions? Australian Journal of Agricultural Research, v.49, p.1-9, 1998.
- YOSHIDA, S.; NAVESAR, S.A.; RAMIREZ, E.A. Effects of silica and nitrogen supply on some leaf characters of rice plant. Plant and Soil, v.31, p.48-56, 1969.
- ZETTEMANN, L.F. Caracterização da escória de aço inoxidável com vistas a seu reaproveitamento no processo de produção de aço. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 56f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- INSTITUTO DE PESQUISA EM ECONOMIA APLICADA (IPEA). IPEADATA: Banco de Dados do Instituto de Pesquisa em Economia Aplicada. Macroeconômico. 2010. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br>>. Acesso em: jan. 2015.
- CAMARGO, M.S.; GOMES JÚNIOR, A.R.; CORRER, L.D.; KORNDÖRFER, G.H. Atributos químicos e disponibilidade de silício no 2º ciclo de cana-de-açúcar: influência de doses de silicato e tipos de solos. In: Fertbio 2010, Guarapari, ES., CD Rom, 2010.
- CHLOPECKA, A.; ADRIANO, D. C. Mimicked in-situ stabilization of metals in a cropped soil: bioavailability and chemical form of zinc. Environment Science Technology, v. 30, p. 3294-3303, 1996.

8. APÊNDICE A

Tabela 43 – Dados meteorológicos mensais da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção – FEPP da FCAV/UNESP no período da condução do experimento.

2011								
Mês	Pressão (hPa)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmed (°C)	UR (%)	Precipitação (mm)	ND	Insolação (h)
Janeiro	940,2	30,9	21,0	24,7	81,0	260,1	13	200,0
Fevereiro	942,1	31,7	20,5	24,6	79,2	208,2	17	192,9
Março	941,7	28,2	19,9	23,1	87,2	496,0	22	122,7
Abril	944,1	29,6	17,9	22,8	77,3	92,3	11	222,3
Maio	945,8	27,8	13,8	19,6	71,1	7,0	3	258,6
Junho	946,3	26,5	11,5	17,9	68,8	29,7	2	254,8
Julho	946,4	28,6	13,7	20,1	62,5	0,0	0	254,4
agosto	945,7	30,2	14,9	21,7	56,3	18,4	4	254,3
Setembro	946,0	32,3	15,3	23,0	48,9	5,3	5	276,3
outubro	942,3	29,8	18,3	23,3	68,5	161,9	12	218,6
novembro	941,8	30,1	17,3	23,1	65,8	177,0	10	252,9
dezembro	940,7	30,9	19,2	24,1	74,1	159,8	13	261,0
Ano	943,6	29,7	16,9	22,6	70,0	1615,7	11,2	2763,8
2012								
janeiro	942,2	28,9	19,0	22,8	82,0	218,8	22	173,4
fevereiro	942,5	31,8	19,7	25,0	72,4	119,0	11	241,1
março	943,3	31,5	19,0	24,2	73,2	30,9	8	245,6
Abril	943,4	30,2	18,2	23,2	75,4	85,5	7	216,4
Maio	946,5	26,2	14,4	19,4	76,0	73,0	7	221,9
Junho	946,6	26,0	15,0	19,4	80,7	139,2	10	182,6
Julho	947,3	27,3	12,7	19,0	66,3	13,7	4	265,8
agosto	949,4	29,0	13,7	20,5	57,1	0,0	0	299,4
Setembro	946,1	31,9	16,2	23,2	54,1	78,9	5	251,5
outubro	942,6	33,8	19,4	25,9	55,8	43,1	6	266,6
novembro	940,9	31,7	19,2	24,6	68,7	164,8	9	248,6
dezembro	941,5	32,1	21,2	25,7	74,0	212,2	17	212,7
Ano	944,3	30,0	17,3	22,7	69,6	1179,1	8,8	2825,6

Pressão: pressão atmosférica; Tmax: temperatura máxima; Tmin: temperatura mínima; Tmed: temperatura média; UR: umidade relativa do ar; ND: número de dias com chuva. Fonte: Departamento de Ciências Exatas, Estação Agroclimática – FCAV/UNESP.

