

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**FELIPE SPIEZZI RAIMBAULT**

**EFEITO DO SILÍCIO PROVENIENTE DE AGREGADO SIDERÚRGICO NO  
CONTROLE DA BROCA DO COLMO E PRODUTIVIDADE DA CANA PLANTA**

**Uberlândia – MG  
Maio – 2010**

**FELIPE SPIEZZI RAIMBAULT**

**EFEITO DO SILÍCIO PROVENIENTE DE AGREGADO SIDERÚRGICO NO  
CONTROLE DA BROCA DO COLMO E PRODUTIVIDADE DA CANA PLANTA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
ao curso de Agronomia, da Universidade  
Federal de Uberlândia, para obtenção do  
grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Gaspar Henrique Korndörfer

**Uberlândia – MG  
Maio – 2010**

**FELIPE SPIEZZI RAIMBAULT**

**EFEITO DO SILÍCIO PROVENIENTE DE AGREGADO SIDERÚRGICO NO  
CONTROLE DA BROCA DO COLMO E PRODUTIVIDADE DA CANA PLANTA**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado ao curso de Agronomia,  
da Universidade Federal de  
Uberlândia, para obtenção do grau  
de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado pela Banca Examinadora em 23 de maio de 2010.

Robson Thiago Xavier de Sousa  
Membro da Banca

Douglas da Silva Santos  
Membro da Banca

---

Prof. Gaspar Henrique Korndörfer  
Orientador

## RESUMO

A cana-de-açúcar é uma cultura que está em pleno crescimento de área e aumento de produtividade. A necessidade de álcool e açúcar vem crescendo ano a ano exigindo maior quantidade de matéria-prima. Tal fato acarreta numa maior incidência de pragas, dentre elas a Broca-do-colmo (*Diatrea saccharalis*) destaca-se como uma das principais pragas dessa cultura. O presente trabalho tem como objetivo avaliar o potencial agrônomo da Escória Holcim influenciando a produtividade e a resistência da cana-de-açúcar à *D. saccharalis* em função da dosagem de silício aplicada. Como parâmetro de comparação utilizou-se a escória Agrosilício<sup>®</sup> que já vem sendo amplamente utilizada e com bons resultados. O experimento foi realizado na fazenda Avenida, propriedade da Usina Açucareira Guaíra, utilizando a cultivar SP80-3280. Foi utilizado um delineamento de blocos inteiramente casualizados com esquema fatorial 2X3+1, sendo duas fontes de silício em três diferentes doses (400, 600, 1600 kg ha<sup>-1</sup>) e um tratamento testemunha. Cada parcela era formada por cinco linhas de cana com 15 metros de comprimento e espaçadas 1,50 metros uma da outra, sendo que apenas as três linhas centrais foram utilizadas como área útil da parcela. As parcelas foram colhidas manualmente e efetuadas as medições de peso para obtenção de produtividade e contagens de colmos danificados pela broca-do-colmo para determinar a porcentagem de dano da mesma. As duas fontes não apresentaram diferenças entre si em relação à produtividade e nem para a infestação da broca. No entanto quando as doses de silício aumentam a produtividade também aumenta, por outro lado os danos da broca-do-colmo diminuem.

**Palavras-chave:** Cana-de-açúcar, silício, produtividade, broca-do-colmo

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	5
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	7
2.1 Importância do silício para a cultura da cana-de-açúcar .....	7
2.1.1 O Si na resistência ao ataque de pragas.....	7
2.1.2 Efeito do Si na produção .....	8
2.2 Efeito do silicato como corretivo de acidez.....	9
2.3 Agregados siderúrgicos .....	10
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	12
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	16
5 CONCLUSÕES .....	19
REFERÊNCIAS .....	20

## 1 INTRODUÇÃO

A cana de açúcar é uma grande geradora de empregos diretos e indiretos. O uso dos produtos gerados por ela, açúcar e álcool, tem sua demanda aumentada ano a ano. Outro fator importante é a crescente demanda por novas fontes de energia e o álcool vem se mostrando um forte substituto.

A atividade industrial gera resíduos sólidos que podem vir a representar sérios riscos ao meio ambiente e ao bem-estar das pessoas. Nos processos de fundição de ferro e aço, têm-se como resultado uma grande quantidade de agregados e outros resíduos sólidos (PRADO; FERNANDES, 2001). Um dos fins dados a esse subproduto é a utilização na agricultura como corretivos e/ou fertilizante, de maneira que não contaminem o solo e nem o lençol freático.

A composição química dos agregados varia de acordo com a matéria-prima utilizada para a fundição do ferro e do aço. Dentre os principais constituintes de um agregado destaca-se a grande concentração de óxidos de Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Silício (Si), Ferro (Fe) e Manganês (Mn) (PRADO; FERNANDES, 2001). A presença dos silicatos de cálcio e magnésio na composição química dos agregados resume a potencialidade de seu uso na agricultura, já que a reação destes materiais no solo promove a correção da acidez do solo (KORNDÖRFER et al., 2004).

Os silicatos de cálcio e magnésio, além de terem características corretivas, ainda são considerados fontes de silício, cálcio e magnésio para as plantas. O aumento na disponibilidade do Si no solo e conseqüentemente o aumento dos teores de Si na planta, resulta em aumentos de produtividade em várias culturas, principalmente as espécies gramíneas como arroz, milho, trigo e cana-de-açúcar e algumas culturas não gramíneas como alface, soja, feijão e pepino. Outros efeitos benéficos do Si correspondem ao aumento da resistência ao ataque de pragas, além de regular a taxa de transpiração e ainda aumentar a eficiência fotossintética (KORNDÖRFER; DATNOFF, 1995).

O aumento considerável na área dessa cultura implicou no aumento de pragas e doenças relacionadas à cultura. A Broca-do-colmo (*Diatrea saccharalis*) é a principal praga da cana, sendo provavelmente originária da América Central e do Sul (GALLO et al., 2002).

Como os agregados de siderurgia apresentam grande potencialidade em serem utilizadas como corretivo de acidez do solo e fonte de Si para as plantas, faz-se necessário

avaliar em campo o efeito do uso deste material, para fazer com que este produto deixe de ser considerado apenas como um resíduo da produção industrial e então passe a ser entendido como uma ferramenta para incrementar a produção dessa cultura.

O presente trabalho tem como objetivo analisar a influência do Si presente nos agregados, utilizados como corretivos de solo, na resistência a broca-do-colmo e na produtividade da cana planta.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Importância do silício para a cultura da cana-de-açúcar**

A área de cana colhida destinada à atividade sucroalcooleira está estimada em 8.091,5 mil hectares, distribuída em todos estados produtores. O Estado de São Paulo continua sendo o maior produtor com 54,35% (4.397,5 mil hectares) seguido por Minas Gerais com 8% (647,7 mil hectares). A previsão do total de cana moída é de 664.333,4 mil toneladas com incremento de 9,9% em relação a safra 2009/10, o que significa terá 59.820 mil toneladas a mais para moagem nesta safra (CONAB, 2010).

O silício (Si) é o segundo elemento mais abundante da crosta terrestre, perdendo apenas para o oxigênio. Presente em consideráveis quantidades na maioria dos solos, porém os cultivos consecutivos podem diminuir o teor de Si até o ponto em que a adubação silicatada seja necessária para maximizar a produção (KORNFÖRFER et al., 1999).

A presença do ácido silícico no solo é influenciada por fatores como: decomposição de resíduos vegetais, dissociação do ácido silícico polimérico, liberação do silício dos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, dissolução de minerais cristalinos e não cristalinos e adição de fertilizantes silicatados. Os principais drenos incluem a precipitação do silício em solução formando minerais; a polimerização do ácido silício; a lixiviação; a adsorção em óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, além da absorção pelas plantas (LIMA FILHO et al., 1999).

O mecanismo de correção da acidez do solo pelo uso dos silicatos resulta na produção do ácido monossilícico ( $H_4SiO_4$ ), que corresponde à forma química pela qual a planta absorve o silício, micronutriente benéfico às plantas (BRASIL, 2004).

#### **2.1.1 O Si na resistência ao ataque de pragas**

Laing (2005) demonstrou que a deposição de silício nas plantas leva à formação de uma barreira mecânica capaz de reforçar a resistência das mesmas ao ataque de insetos pragas. Além de induzir modificações nas propriedades fisiológicas e bioquímicas, com elevação da produção de substâncias repelentes ou inibidoras por parte das mesmas (MARSCHNER, 1995).

Um experimento conduzido na África do Sul, utilizando 6 cultivares comerciais de cana-de-açúcar utilizando 2 doses de silicato de cálcio (2500 e 5000 kg ha<sup>-1</sup>, equivalente a 425

e 850 kg ha<sup>-1</sup> de Si puro, respectivamente) foram comparadas com as testemunhas (sem Si). A cana-de-açúcar foi artificialmente infestada com *Eldana saccharina* (Broca-africana), aos 9,5 meses de idade e o experimento colhido 6 meses depois. Os tratamentos com Si resultaram em significativo aumento da resistência da cana-de-açúcar ao ataque de *E. saccharina*. De um modo geral, a massa de brocas e os danos causados pela mesma foram reduzidos em aproximadamente 19 e 33% respectivamente quando a dose de Si foi de 2,5 e 5 t ha<sup>-1</sup> (KEEPING; MEYER, 2005).

A broca-do-colmo (*Diatrea saccharalis*) figura como a praga de maior importância no cenário canavieiro brasileiro. As lagartas de *D. saccharalis* causam prejuízo direto pela abertura de galerias, que ocasionam perda de peso da cana e promovem a morte das gemas, causando falhas na germinação. Nas canas novas, a broca produz o secamento dos ponteiros (“coração morto”). Os prejuízos indiretos são consideráveis, uma vez que através dos orifícios e galerias penetram fungos que causam a podridão vermelha do colmo (*Colletotrichum falcatum* e *Fusarium moniliforme*), esses fungos invertem a sacarose, diminuindo a pureza do caldo e dando menos rendimento em açúcar e álcool. Pesquisas revelam que para cada 1% de intensidade de infestação da praga, ocorrem prejuízos de 0,25% de açúcar, 0,20% de álcool e 0,77% de peso (GALLO et al., 2002).

Ambas as pragas citadas (*D. saccharalis*, *E. saccharina*) apresentam características fisiológicas e morfológicas semelhantes por pertencerem à mesma família, dos *Pyralidae* (GALLO et al., 2002). Desta maneira pode-se esperar que os resultados obtidos na África do Sul, sejam similares no Brasil, onde a praga passa a ser a broca-do-colmo.

### 2.1.2 Efeito do Si na produção

De acordo com Prado et al. (2003) a cana-de-açúcar é uma das gramíneas que mais extraem Si do solo com respostas favoráveis à adubação silicatada, particularmente em solos pobres deste elemento, como os solos do cerrado. Não obstante seu importante papel como indutor de resistência ao ataque de pragas e doenças, o Si desempenha diversas outras funções benéficas nessa cultura, dentre as quais, o aumento da eficiência fotossintética e maior tolerância a déficits hídricos, com reflexos na produtividade (KORNDÖRFER et al., 2002), além de promover alívios de danos causados por geadas e de promover melhoria na arquitetura das plantas (SAVANT et al., 1999)

A cana-de-açúcar responde favoravelmente a adubação com Si, particularmente nos solos pobres nesse elemento. Quando se trata de produção de colmos é que se verifica o

principal efeito do silício na cana-de-açúcar. Segundo Kidder e Gascho (1977), os aumentos de produtividade variam entre 10 e 35%. Ross et al. (1974) cita uma remoção (exportação) de até 408 kg ha<sup>-1</sup> de Si para uma produtividade de apenas 74 t ha<sup>-1</sup> de cana-de-açúcar (folhas + colmos). Esta remoção poderia ser ainda maior em áreas intensivamente cultivadas e com maior produtividade.

Além disso, o Si pode aumentar a resistência das plantas ao estresse hídrico, como demonstrado no trabalho de Faria (2000). Quanto maior o teor de Si na planta, maior a capacidade das plantas em tolerar a falta de água no solo.

Segundo Kidder e Gascho (1977) os aumentos de produtividade da cana-de-açúcar na Florida, com a aplicação de silicatos, variam entre 10 e 35%. Anderson e Snyder (1995) utilizando 20 toneladas de agregados silicatado por hectare no plantio observaram um aumento na produção de cana de 38,8% e de 50% de açúcar (avaliação feita em três cortes consecutivos).

Verifica-se uma queda na produtividade da cana soca, em relação à cana-planta, de até 45% quando a cana-planta não foi adubada com Si e de apenas 28% quando a cana-planta recebeu adubação com silicato de cálcio no plantio. Na cana-de-açúcar o silício aplicado no plantio afeta a produtividade da cana planta e também da soqueira. Esse resultado confirma o significativo efeito residual do silicato, mesmo depois de dois anos após a aplicação (Anderson et al.,1991).

Ayres (1966) trabalhando com cana-de-açúcar obteve 18% de aumento na produtividade e 22% de aumento na produção de açúcar com a aplicação de 6,2 t ha<sup>-1</sup> de agregado de forno elétrica aplicado num latossolo do Havaí.

## **2.2 Efeito do silicato como corretivo de acidez**

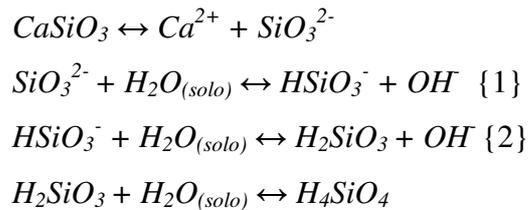
De acordo com Lian (1976), alguns países asiáticos usam agregados de siderurgia silicatadas com doses de 1,5 a 2,0 t ha<sup>-1</sup> de agregado, principalmente na cultura do arroz visando benefícios que o silício traz para esta planta e os eventuais aumentos significativos de produtividade desta cultura. Já Prado e Fernandes (2001) evidenciam que no Brasil, apesar da disponibilidade de aproximadamente 3 milhões de toneladas por ano, esses resíduos são pouco utilizados nas atividades agrícolas.

Malavolta (1980) definiu corretivos de acidez do solo como produtos capazes de neutralizar a acidez e ainda levar nutrientes essenciais às plantas, principalmente o cálcio e o

magnésio. Geralmente os materiais empregados como corretivos são óxidos, hidróxidos, agregados e carbonatos de Ca e Mg.

Atualmente os carbonatos são os corretivos de solo mais utilizados, porém há uma preocupação em se encontrar corretivos alternativos e que possuam a mesma eficiência dos carbonatos. Os carbonatos são minerais não renováveis e, além disso, as áreas das quais se extraem estes minerais tornam-se totalmente degradadas impedindo que sejam aproveitadas para qualquer outro fim. Assim sendo, os agregados de siderurgia vêm ganhando cada vez mais importância na atividade agrícola mundial.

Silicatos de cálcio ( $\text{CaSiO}_3$ ) e de magnésio ( $\text{MgSiO}_3$ ) se destacam como os principais componentes de um agregado de siderurgia e são os responsáveis pela correção da acidez do solo. Alcarde e Rodela (2003) descreveram o mecanismo de correção da acidez pelos silicatos presentes nos agregados, como segue a seguir:



As equações demonstram que a hidrólise do ânion silicato promove a liberação de hidroxilas ( $\text{OH}^-$ ) que no solo reagem neutralizando os prótons ( $\text{H}^+$ ), promovendo a elevação do pH e ainda reagem com o  $\text{Al}^{3+}$  presente no solo formando o hidróxido de alumínio [ $\text{Al}(\text{OH})_3$ ], que corresponde a uma forma precipitada e não tóxica aos vegetais.

### 2.3 Agregados siderúrgicos

Os agregados siderúrgicos resumidamente correspondem a um dos resíduos da metalurgia do ferro e do aço e são obtidas por meio da reação de calcário com a sílica presente no minério de ferro:  $\text{SiO}_2 + \text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3 \leftrightarrow \text{CaSiO}_3 + \text{MgSiO}_3 + \text{CO}_2$  (KORNDÖRFER et al., 2004a). Essa reação ocorre com temperatura acima de  $1900^\circ\text{C}$  e faz-se necessária pelo fato de que a sílica corresponde à principal impureza da matéria prima da produção metalúrgica.

Para ser utilizado na agricultura é necessário avaliar o grau de periculosidade do resíduo sólido, como descrito na norma da ABNT 10.004 (BRASIL DECRETO N°. 2954, 2004). Tal resolução indica a disposição final de materiais inertes e não inertes em aterros

convencionais; não perigosos em aterro especial e; para os perigosos indica a estocagem. Nota-se que não há uma destinação agrícola como forma de descarte para qualquer resíduo sólido. Entretanto, sendo comprovado o valor agrícola de um determinado resíduo (subproduto) e que o mesmo não contamine o meio ambiente, ele pode ser utilizado até mesmo com vantagens na agricultura.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em área de cultivo comercial de cana-de-açúcar. O plantio foi realizado após a colheita da soja, cultura de rotação. O experimento foi conduzido na Fazenda Avenida, gleba 4162, pertencente à Usina Açucareira Guaíra, no município de Guaíra-SP, utilizando a cultivar comercial SP80-3280, com o plantio realizado em 23 de Abril de 2008.

O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Férrico (EMBRAPA, 1999). Foram realizadas amostragens do solo no local da instalação do experimento a fim de se determinar as características químicas e físicas, além da quantidade de Si presente. Foram coletadas cinco amostras compostas, as quais se constituíram de cinco sub-amostras nas profundidades de 0-20 cm e de 20-40 cm. Posteriormente estas amostras foram divididas em duas e encaminhadas ao Laboratório de Análises de Solo do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, para caracterização química e física (Tabela 1 e 2).

**Tabela 1.** Caracterização química da amostra de Latossolo Vermelho Férrico, da área experimental, Uberlândia, MG – 2009

Prof. cm	pH CaCl <sub>2</sub>	P -----	K	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	t	T	V --- % ---	m ---	M.O. g kg <sup>-1</sup>
		-----										
00-20	4,92	9,2	2,7	1,20	25,5	10,1	38,3	39,5	74,0	49,5	3,13	31
20-40	5,03	3,3	1,0	2,44	18,9	6,8	26,7	29,1	59,2	42,9	8,3	19

Prof = profundidade; P, K = (HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>) P disponível (extrator Mehlich-1); Ca, Mg, Al, (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>); H+Al = (Solução Tampão – SMP a pH 7,5); SB = Soma de Bases; t = CTC efetiva; T = CTC a pH 7,0; V = Saturação por bases; m = Saturação por alumínio (EMBRAPA, 1997), M.O. = Método Colorimétrico.

**Tabela 2.** Caracterização física do Latossolo Vermelho Férrico da área experimental, Uberlândia, MG – 2009

Profundidade	Areia -----	Silte g kg <sup>-1</sup> -----	Argila
0-20 cm	420,9	332,8	246,3

Para a determinação do teor de silício as amostras do solo também foram encaminhadas ao Laboratório de Tecnologia de Fertilizantes do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia. Utilizando-se como extrator do Si o Cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ), conforme metodologia proposta por Korndorfer et al. (2004b) o solo apresenta um teor de Si igual a  $10,8 \text{ mg dm}^{-3}$ .

Para avaliar a eficiência do agregado siderúrgico Holcim como fonte de Si às plantas, utilizou-se como produto padrão a fonte AgroSilício<sup>®</sup>. O produto padrão corresponde a um subproduto oriundo do tratamento térmico do agregado de aço inox, tal produto tem autorização do órgão ambiental FEAM e registro no Ministério da Agricultura e vem sendo utilizado a muito tempo como corretivo de acidez do solo e/ou fonte de silício para as plantas.

Foram analisadas as características químicas de uma fonte já conhecida (AgroSilício<sup>®</sup>) e da fonte a ser avaliada (Escória Holcim), os dados estão contidos na Tabela 3.

**Tabela 3.** Caracterização das fontes com relação aos teores de CaO, MgO, PN, ER, PRNT e Si, Uberlândia, MG - 2009

Fontes	CaO	MgO	PN	ER	PRNT	Si total <sup>1</sup>	Si solúvel <sup>2</sup>
	----- % -----						
AgroSilício <sup>®</sup>	38,1	10,9	92,2	70,9	65,4	9,0	3,3
Escória Holcim	44,9	7,1	100,8	99,8	100,6	11,9	0,3

<sup>1</sup>Silício total em ácido fluorídrico concentrado.

<sup>2</sup>Silício solúvel extraído após cinco dias em contato com o extrator (carbonato de sódio + nitrato de amônio -  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NO}_3\text{NH}_4$ ).

Em ambas as fontes os teores de Cu, Zn, Cd, Cr e Pb são nulos; na Escória Holcim o teor de Ni é nulo, enquanto o AgroSilício<sup>®</sup> apresenta 0,2% desse metal (Tabela 4).

**Tabela 4.** Caracterização das fontes com relação aos teores de Cu, Fe, Zn, Mn, Cd, Cr, Ni e Pb, Uberlândia, MG – 2009

Fontes	Cu <sup>1</sup>	Fe <sup>1</sup>	Zn <sup>1</sup>	Mn <sup>1</sup>	Cd <sup>1</sup>	Cr <sup>1</sup>	Ni <sup>1</sup>	Pb <sup>1</sup>
	----- % -----							
AgroSilício <sup>®</sup>	0,0	0,2	0,0	0,3	0,0	0,0	0,2	0,0
Escória Holcim	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0

<sup>1</sup>Digestão ácida HCl 1:1.

Foi utilizado um delineamento de blocos inteiramente casualizados com esquema fatorial 2X3+1, sendo duas fontes de silício em três diferentes doses (400, 600, 1600 kg ha<sup>-1</sup>) e um tratamento testemunha, conforme a Tabela 5.

**Tabela 5.** Caracterização do experimento.

<b>Tratamento</b>	<b>Produto</b>	<b>Dose kg ha<sup>-1</sup></b>	<b>Dose kg parcela<sup>-1</sup></b>	<b>Dose g linha<sup>-1</sup></b>
1	Testemunha	0	0	0
2	Escória Holcim 3	400	4,5	900
3	Escória Holcim 3	800	9,0	1800
4	Escória Holcim 3	1600	18,0	3600
5	Agrosilício <sup>®</sup>	400	4,5	900
6	Agrosilício <sup>®</sup>	800	9,0	1800
7	Agrosilício <sup>®</sup>	1600	18,0	3600

Cada uma das parcelas foi composta por 5 (cinco) linhas de cana-de-açúcar com 15 m de comprimento cada, utilizando-se o espaçamento de 1,50 m, resultando em uma área de 112,5 m<sup>2</sup> por parcela. Entretanto para anular o efeito de bordaduras considerou-se como área útil da parcela apenas as 3 linhas centrais desprezando-se ainda 1 m de cada uma das extremidades resultando em uma área útil de 58,5 m<sup>2</sup>

Após a locação do experimento na área colhida de soja e feito o sorteio dos blocos e parcelas foi feito o preparo do solo, sendo constituído de uma subsolagem seguida de uma grade niveladora. Com o terreno bem uniforme foi feita a calagem e finalmente abriram-se os sulcos de plantio utilizando um sulcador simples.

Em todos os sulcos aplicou-se 0,2 kg ha<sup>-1</sup> do inseticida Regente<sup>®</sup> (Fipronil-800 g kg<sup>-1</sup>) visando o controle de cupins e formigas principalmente. Também foi aplicado o MAP (11-52-00) na dose de 250 kg ha<sup>-1</sup> e 12 L ha<sup>-1</sup> de Starter<sup>®</sup> (S 4%; Mn 5%; Zn 3%; B 0,3%; Cu 0,3%; Mo 0,05%; N 10% de densidade 1,31) para a adubação de micronutrientes. Por ultimo foi aplicado Stimulate<sup>®</sup> no sulco de plantio (regulador de crescimento composto pelos hormônios ácido giberélico - giberelina 0,005%, ácido indolbutírico - auxina 0,005% e cinetina - citocinina 0,009%) na dose de 0,5 L ha<sup>-1</sup>.

Em seguida aplicaram-se as fontes de Si, nas doses pré-estabelecidas para cada parcela. A aplicação foi realizada a lanço de modo que a distribuição permanecesse o mais

uniforme possível na superfície dos sulcos de plantio. Após a aplicação das fontes, e posterior cobertura dos materiais com uma fina camada de solo, realizou-se então o plantio dos toletes de cana-de-açúcar, de forma manual respeitando-se a densidade de plantio de 15 gemas viáveis por metro.

Finalizado o plantio promoveu-se então a cobertura dos toletes com uma camada de solo de aproximadamente 4 cm de espessura. Após a brotação da cana-de-açúcar, através da prática do “quebra lombo” nivelou-se novamente o solo das áreas mantendo-as uniformes até o fim do experimento.

Para a avaliação da intensidade de infestação de *D. saccharalis* realizou-se a metodologia descrita por Salata et al. (1985). Após a colheita de todas as unidades experimentais, foram separados ao acaso 20 colmos por parcela para avaliar a intensidade dos danos causados pela broca do colmo. A avaliação se inicia com a identificação de cada um dos colmos com números de 1 a 20, posteriormente cada um dos colmos é quantificado quanto ao número de entrenós. Em seguida com o uso de facões de corte, os colmos amostrados foram cortados longitudinalmente e então se realizou a contagem do número de entrenós danificados pela ação das larvas do inseto. De posse do número total de entrenós e do número de entre nós brocados de cada um dos colmos procedeu-se então o cálculo da porcentagem de entrenós brocados.

A colheita da cana-de-açúcar foi realizada entre os dias 27/07/09. Para a obtenção da produtividade da mesma, cada unidade experimental, teve sua área útil colhida manual e individualmente e, em seguida, os colmos foram pesados, com auxílio de uma célula-de-carga de tração (Técnica D-5000) com capacidade de 1000 kg. O peso total em kg parcela<sup>-1</sup> foi convertido em Mg ha<sup>-1</sup>.

Os resultados obtidos foram submetidos a análises de variância, com a aplicação do programa estatístico SISVAR. Quando do Teste F significativo, as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de significância. Já para as doses crescentes das fontes de Si utilizadas, realizou-se análise de regressão também a 5% de significância.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

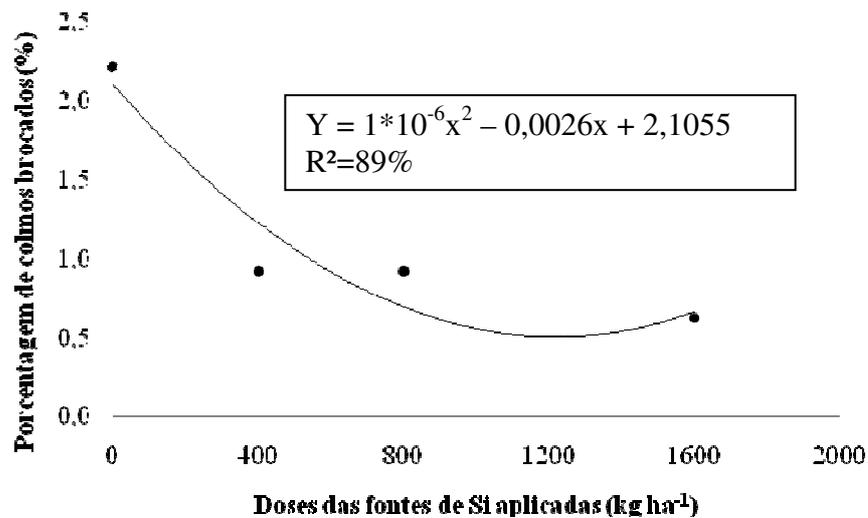
Ambas as fontes utilizadas não apresentaram diferença estatística na redução dos danos dentro das doses estudadas. A redução do dano deve-se ao incremento da dose e independe da fonte (Tabela 6).

**Tabela 6.** Resistência das plantas à broca do colmo (% de colmos brocados), em função da aplicação de doses crescentes de diferentes fontes de Si.

Doses kg ha <sup>-1</sup>	Fontes de Si		Média
	Holcim	AgroSilício®	
	----- Porcentagem de colmos brocados -----		
0	2,22	2,22	2,22
400	0,95	0,90	0,92
800	1,10	0,75	0,92
1600	1,05	0,20	0,62
Análise de regressão	N.S	N.S	**
Média	1,33 A	1,01 A	

N.S: Análise de regressão não significativa a 5% de probabilidade. \*\* Análise de regressão significativa para o modelo quadrático. Médias de uma linha seguidas por mesma letra são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Como as médias dos danos apresentaram o teste de F significativo para o modelo quadrático, foi feita a regressão e obteve-se a seguinte equação:  $y = 1 \cdot 10^{-6}x^2 - 0,0026x + 2,1055$ ;  $R^2=89\%$ . Como a equação obtida é de segundo grau espera-se uma redução da porcentagem de dano com o aumento da dose até atingir seu mínimo, acima desse ponto o incremento da dose não implica na redução de colmos brocados. Através a derivação da equação a dose de 1300 kg ha<sup>-1</sup> é a que proporciona menor porcentagem dano da broca-do-colmo (Figura 1).



**Figura 1.** Influência da aplicação de doses crescentes de fontes de Si sobre a resistência das plantas à broca do colmo.

Este resultado é semelhante ao dos autores Kepping e Meyer (2005), com respostas positivas quando aplicaram silicato de cálcio no plantio da cana-de-açúcar, sendo que os tratamentos com Si resultaram em significativo aumento da resistência da cultura ao ataque de *E. saccharina*. Quando a dose aplicada foi de 2,5 t ha<sup>-1</sup> obtiveram 19 % de redução dos danos, já para uma dose de 5,0 t ha<sup>-1</sup> os danos reduziram 33%.

Elawad et al. (1985) observaram que as plantas de cana-de-açúcar, cultivadas dentro da casa-de-vegetação, e tratadas com 138g de Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> 40L<sup>-1</sup> de solo, reduziram de 73 para 7% o número de plantas atacadas pela *D. saccharalis*.

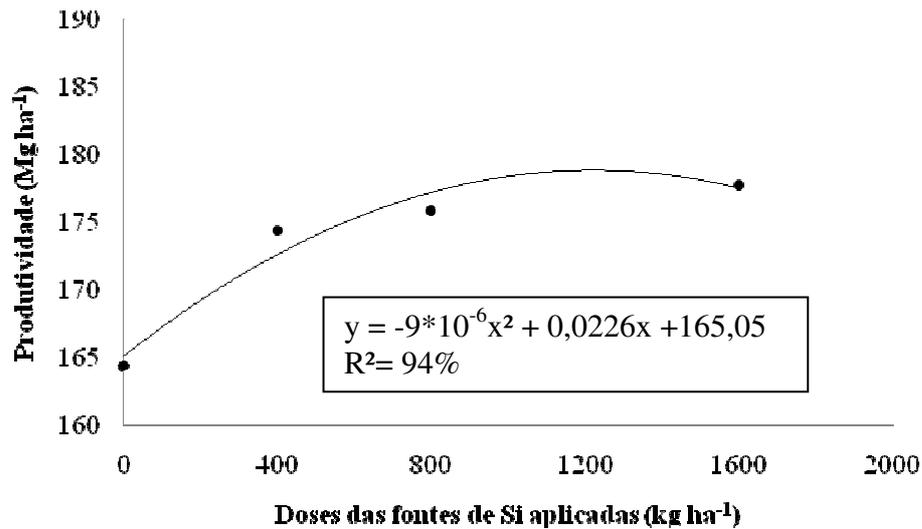
Na variável produtividade não houve diferença estatística dentro das doses estudadas, o incremento da produção deve-se as maiores doses de silício aplicada e independe da fonte utilizada (Tabela 7).

**Tabela 7.** Produtividade de cana-de-açúcar (Mg ha<sup>-1</sup>) em função da aplicação de doses crescentes de diferentes fontes de Si.

Doses kg ha <sup>-1</sup>	Fontes de Si		Média
	Holcim	AgroSilício®	
	----- Produtividade (Mg ha <sup>-1</sup> ) -----		
0	164,3	164,3	164,3
400	177,0	171,6	174,3
800	177,7	173,9	175,8
1600	175,6	179,8	177,7
Análise de regressão	N.S	N.S	**
Média	173,7 A	172,4 A	

N.S: Análise de regressão não significativa a 5% de probabilidade. \*\* Análise de regressão significativa para o modelo quadrático. Médias de uma linha seguidas por mesma letra são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 5% de significância.

As médias de produtividade apresentaram teste F significativo e realizou-se a regressão, a equação obtida foi:  $y = -9 \cdot 10^{-6}x^2 + 0,0226x + 165,05$ ;  $R^2 = 94\%$ . Pelo fato da equação ser de segundo grau o aumento da produtividade é diretamente proporcional ao incremento da dose utilizada até um ponto máximo, acima desse a produtividade tende a diminuir. A derivação dessa equação nos mostra que na dose de  $1255 \text{ kg ha}^{-1}$  a produtividade foi máxima,  $179,23 \text{ Mg ha}^{-1}$  (Figura 2).



**Figura 2.** Efeitos de doses de duas fontes de Si sobre a produtividade de cana-de-açúcar ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ).

Resultados similares foram encontrados por Korndörfer et al. (2000), que estudando o efeito da aplicação de Si na cana-de-açúcar, verificaram acréscimo médio de  $9,1 \text{ t ha}^{-1}$  na produtividade dessa cultura. Korndörfer et al. (2004a) verificaram aumento médio de  $14 \text{ t ha}^{-1}$  na produtividade da cana-de-açúcar com a aplicação de 4,0 toneladas de cimento como fonte de Si no plantio da cultura, na Usina Nova União, em Serrana, São Paulo. Kingston et al. (2005), por sua vez, verificaram, em dois experimentos desenvolvidos em áreas distintas em Queensland, Austrália, acréscimos de 32% e 35% na produtividade da cana-de-açúcar com a aplicação de 9 e  $12 \text{ t ha}^{-1}$  de silicato de cálcio, respectivamente, durante dois anos de cultivo. Em um terceiro experimento, desenvolvido em outra área, esses mesmos autores obtiveram aumento de 45% na produtividade dessa cultura, com a aplicação de  $12 \text{ t ha}^{-1}$  do mesmo produto, por um ciclo de 4 anos de cultivo. Elawad et al. (1982), citados por Korndörfer e Lepsh (2001) relataram aumentos de 68% e 79% em produtividade de cana com a aplicação de  $15 \text{ t ha}^{-1}$  de agregado como fonte de Si.

## **5 CONCLUSÕES**

A Escória Holcim apresenta a mesma eficiência quando comparada ao padrão e pode ser utilizada para fins agronômicos. O aumento da dose de silício aplicada gera um incremento na produtividade e ao mesmo tempo reduz a porcentagem de colmos brocados.

## REFERÊNCIAS

- ALCARDE, J.A.; RODELLA, A.A. Qualidade e legislação de fertilizantes e corretivos. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M. de; LOPES, A. S.; ALVARES V., V.H. (ed). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade brasileira de Ciência do Solo, 2003. p. 291-334
- ANDERSON, D.L.; SNYDER, G.H. El sílice en el suelo y la planta (Parte III). **The Sugar Journal**, Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, v.21 n.1. p.1- 9, September 1995.
- ANDERSON, D.L.; SNYDER, G.H.; MARTIN, F.G. Multi-year response of sugarcane to calcium silicate slag on Everglade Histosols. **Agronomy Journal**, Madson, 83. p. 870-874, 1991.
- AYRES, A.S. Calcium silicate slag as a growth stimulant for sugarcane on low-silicon soils. **Soil Science**, Baltimore, v.101, n.3, p. 216-227, 1966.
- BRASIL DECRETO Nº. 2954. Aprova o regulamento da lei nº 6894 de 16 de janeiro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e dá outras providências. **Normas jurídicas (texto integral)**. DEC 004954, 14 jan., 2004, 27p.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Cana-de-açúcar**: Safra 2009/2010, Primeiro Levantamento, abril de 2010. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/1\\_levantamento2010\\_abr2010.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/1_levantamento2010_abr2010.pdf)>. Acesso em: 04 abr. 2010
- ELAWAD, S.H.; STREET, J.J.; GASCHO, G.J. Response of sugarcane to silicate source: and rate. I. Growth and yield. **Agronomy Journal**, Madison, v.74, p. 481-483, 1982.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1999. 212 p.
- FARIA, R.J. **Influência do silicato de cálcio na tolerância do arroz de sequeiro ao déficit hídrico do solo**. 2000. 47f. Dissertação (Mestrado em Solos e nutrição de plantas), Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- GALLO, D; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BAPTISTA, G.C. DE; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S. OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.
- KEEPING, M. G.; MEYER, J. H. Nitrogen and silicon impact on the resistance of sugarcane to *Eldana saccharina* Stalk borer (Lepidoptera: Pyralidae). In: SILICON IN AGRICULTURE CONFERENCE, 3., 2005, Uberlândia. **Anais...**, Uberlândia: UFU/ICIAG, 2005. p. 152-154.

KIDDER, G.; GASHO, G.J. Silicate slag recommended for specified conditions in Florida sugarcane. **Agronomy Facts, Florida Coop. Ext. Service**, University of Florida, n.65, p.1-7, 1977.

KINGSTON, G.; BERTHELSEN, S.; HURNEY, A.P.; RUDD, A.; NOBLE, A. D. Impact of calcium silicate amendments on sugarcane yield and soil properties in Queensland Australia. In: SILICON IN AGRICULTURE CONFERENCE, 3., 2005, Uberlândia. **Anais...**, Uberlândia: UFU/ICIAG, 2005. p. 152 p.

KORNDÖRFER, G. H.; BENEDINI, M.; PAULA, F. B.; CHAGAS, R. C. S. Cimento como fonte de silício para a cana-de-açúcar. **STAB-Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 19, n. 2, p. 1-9, p. 30-32, 2000.

KORNDÖRFER, G. H.; COELHO, N. M.; SNYDER, G. H.; MIZUTANI, C. T. Avaliação de métodos de extração de silício para solos cultivados com arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n.1, p.101-106, 1999.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura**. 3 ed., Uberlândia: UFU/ICIAG, 2004<sup>a</sup>, 23 p. (Boletim Técnico n. 2).

KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S., NOLLA, A. **Análise de silício: solo, planta e fertilizante**. Uberlândia, GPSi-ICIAG-UFU, Boletim Técnico; 02. 50 p. 2004b

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

LAING, M. Silicon research combined with biological control. In: SILICON IN AGRICULTURE CONFERENCE, 3., 2005, Uberlândia. **Anais...**, Uberlândia: UFU/ICIAG, 2005. 130-137 p.

LIAN, S. Silica fertilization of rice. In: FOOD AND FERTILIZER TECHNOLOGY CENTER. **The fertility of padd soils and fertilizer applications for rice**. Taiwan, 1976. p.197-220.

LIMA FILHO, O. F.; LIMA, M. T. G.; TSAI, S. M. **O silício na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS, 1999. 7 p. (Encarte técnico. Informações Agronômicas, n° 87).

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição de plantas**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 888 p.

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

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

ROSS, L., NABABSING, P. and Wong You Cheong, Y. Residual effect of calcium silicate applied to sugarcane soils. In: INTERNATIONAL CONG. THE SOC. SUGAR CANE TECHNOL. 15, Durban, **Proc...**, v. 15, n.2, p. 539-542, 1974.

SALATA, J.C.; CONDE, A.J.; ARRIGONI, E.D.B. Comparação de métodos de amostragem para determinação da intensidade de infestação final da cana pela broca. **Boletim Técnico Copersucar**, v. 33, p.31-33, 1985.

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