

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

**RICARDO MINORO APARECIDO OBO**

**EFEITO DO SILÍCIO PROVENIENTE DE AGREGADO SIDERÚRGICO SOBRE  
ÍNDICES BIOMÉTRICOS E PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR**

**Uberlândia  
Maio – 2010**

**RICARDO MINORO APARECIDO OBO**

**EFEITO DO SILÍCIO PROVENIENTE DE AGREGADO SIDERÚRGICO SOBRE  
ÍNDICES BIOMÉTRICOS E PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR**

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

Orientador: Gaspar H. Korndörfer

**Uberlândia  
Maio – 2010**

**RICARDO MINORO APARECIDO OBO**

**EFEITO DO SILÍCIO PROVENIENTE DE AGREGADO SIDERÚRGICO SOBRE  
ÍNDICES BIOMÉTRICOS E PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR**

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

Aprovado pela Banca Examinadora em 24 de Maio de 2010.

Eng. Agrônoma Ivaniele Nahas Duarte  
Membro da Banca

Eng. Agrônomo Robson Thiago Xavier de Sousa  
Membro da Banca

---

Dr. Gaspar Henrique Korndörfer  
Orientador

## RESUMO

A atividade industrial gera resíduos que podem vir a representar riscos ao meio ambiente e ao bem-estar das pessoas. Nos processos de fundição de ferro-gusa e aço, têm-se como resultado uma grande quantidade de escórias que são ricas em silício. O aumento na disponibilidade do Si no solo e consequentemente o aumento dos teores de Si na planta, resulta em aumentos de crescimento e produtividade da cana-de-açúcar. O objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos do Si nos índices biométricos e na produtividade da cana-de-açúcar. O experimento foi instalado em área experimental pertencente à Usina Açucareira Guaíra, no município de Guaíra-SP. Adotou-se o delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial  $2 \times 3 + 1$ , sendo duas fontes de Si, aplicadas em 3 doses crescentes mais um tratamento adicional sem aplicação de nenhuma fonte de Si, o que resulta em 7 tratamentos com 4 repetições. Durante o ciclo de desenvolvimento da cana foram realizadas avaliações biométricas como perfilhamento, diâmetro de colmo e altura de planta, também o teor de silício no solo em diferentes profundidades e na planta em diferentes épocas além disso foi avaliado a produtividade. Com os dados obtidos verificou-se que não houve diferença estatística entre as fontes Holcin e Agrosilício<sup>®</sup> para disponibilização de silício para o solo e planta. Nas doses crescente ambas as fontes influenciaram de maneira positiva o teor de silício no solo, produtividade e determinados índices biométricos. No entanto não houve diferença no teor de silício foliar e perfilhamento final nas doses aplicadas.

**Palavras-chave** : cana-de-açúcar, silício, produtividade

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	5
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	7
2.1 Uso das escórias siderúrgicas na agricultura .....	7
2.2 A cultura da cana-de-açúcar no Brasil.....	8
2.3 Uso das escórias siderúrgicas como fonte de Si para as plantas .....	8
2.4 Efeito do Si na produção da cana-de-açúcar .....	9
2.5 Avaliações de índices biométricos .....	10
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1 Local de instalação do experimento .....	11
3.2 Caracterização pré-experimental dos atributos químicos e físicos do solo.....	11
3.3 Tratamentos e delineamento estatístico.....	12
3.4 Instalação do experimento .....	13
3.5 Variáveis avaliadas .....	14
3.5.1 Avaliações de índices biométricos .....	14
3.5.1.1 Perfilhamento .....	14
3.5.1.2 Comprimento dos colmos.....	15
3.5.1.3 Diâmetros dos colmos.....	15
3.5.2 Análise do teor foliar de Si nas plantas .....	15
3.5.3 Avaliação da produtividade .....	15
3.5.4 Análise dos teores de Si disponível no solo .....	16
3.6 Análise estatística .....	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	17
4.1 Avaliações de índices biométricos .....	17
4.1.1 Perfilhamento .....	17
4.1.2 Diâmetro dos colmos.....	20
4.1.3 Altura das plantas .....	23
4.2 Avaliações dos teores de Si foliar.....	25
4.3 Avaliações dos teores de Si no solo .....	26
4.4 Avaliação da produtividade .....	29
5 CONCLUSÕES.....	31
REFERÊNCIAS .....	32

## 1 INTRODUÇÃO

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-gusa e aço, têm-se como resultado uma grande quantidade de escórias e outros resíduos sólidos (PRADO; FERNANDES, 2001). Em razão das possibilidades de risco ambiental, faz-se necessário definir um destino adequado a este resíduo, e se possível empregá-lo em outras atividades essenciais ao homem. Desde que apresente características corretivas e/ou fertilizantes e não contamine o solo e os mananciais hídricos, uma escória pode perfeitamente ser empregada em atividades agrícolas.

A composição química das escórias varia de acordo com a matéria-prima utilizada para a fundição do ferro e do aço. Dentre os principais constituintes de uma escória 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 das escórias 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).

Além de ter características corretivas, os silicatos de cálcio e magnésio, 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 crescimento e produtividade de 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 e doenças, além de regular a taxa de transpiração e ainda aumentar a eficiência fotossintética (KORNDÖRFER; DATNOFF, 1995).

A cana-de-açúcar, por se tratar de uma espécie gramínea acumuladora de silício, corresponde a uma das culturas onde mais facilmente se percebe os efeitos benéficos acima descritos. Vários trabalhos científicos indicam que a adubação silicatada, realizada corretamente, é capaz de aumentar de maneira significativa a produção de cana-de-açúcar. Como as escórias 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 um insumo agrícola para incrementar a produção da cultura da cana-de-açúcar e outras.

O objetivo do trabalho foi avaliar dois diferentes agregados siderúrgicos como fonte de Si para a cana-de-açúcar. Para isso foram avaliados os efeitos do Si sobre índices biométricos e produtividade da cana-de-açúcar.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Uso das escórias siderúrgicas na agricultura

As escórias siderúrgicas 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., 2004). Essa reação ocorre com temperatura acima de 1900°C e faz-se necessária pelo fato de que a sílica corresponde à principal impureza da matéria prima da produção metalúrgica.

A composição das escórias varia bastante, porém a maioria é formada principalmente por silicato de cálcio ( $\text{CaSiO}_3$ ), silicato de magnésio ( $\text{MgSiO}_3$ ) e elementos como Fósforo (P), Enxofre (S), Ferro (Fe), Zinco (Zn), Cobre (Cu), Boro (B), Molibdênio (Mo), Cobalto (Co), etc.

A forma final de descarte de um resíduo industrial depende do grau de periculosidade do resíduo sólido, conforme Norma ABNT 10.004, que indica a disposição final de materiais inertes e não inertes em aterros convencionais; perigosos em aterro especial e, para os perigosos, indica a estocagem.

Verifica-se que a ABNT não coloca o uso agrícola como uma forma de descarte para qualquer resíduo sólido. Entretanto, sendo comprovado o valor agrícola de um determinado resíduo (talvez a melhor nomenclatura, neste caso, seja a de subproduto), ele pode ser utilizado na agricultura.

As escórias silicatadas de siderurgia já vêm sendo utilizadas na agricultura em diversas partes do mundo. Em alguns países asiáticos como o Japão e Taiwan, utiliza-se anualmente de 1,5 a 2,0 t ha<sup>-1</sup> de escória, principalmente na cultura do arroz, visando os benefícios que o silício traz para esta cultura e os eventuais aumentos significativos de produtividade destas plantas (LIAN, 1976). Entretanto, no Brasil, apesar da grande disponibilidade, aproximadamente 3 milhões de toneladas por ano, os resíduos industriais são pouco utilizados nas atividades agrícolas (PRADO; FERNANDES, 2001).

Uma escória para ser usada na agricultura deve apresentar granulometria adequada, ação neutralizante da acidez do solo e presença de elementos nutrientes. Além dessas características positivas, a presença de metais pesados deve ser analisada pelo aspecto ambiental de contaminação do solo e das coleções hídricas superficiais e subterrâneas.

## 2.2 A cultura da cana-de-açúcar no Brasil

A cana-de-açúcar é uma das culturas mais importantes para o Brasil pela contribuição sócio-econômica que representa seu cultivo, com uso intensivo de mão-de-obra direta e indireta. É uma cultura bastante explorada no país e que está em crescimento. Segundo levantamentos realizado pela CONAB (2010) a previsão do total de cana moída para 2010/11 é de 664.333,4 mil toneladas com incremento de 9,9% em relação a safra 2009/10, significando aumento de 59.820 mil toneladas. A área de cana colhida destinada à atividade sucroalcooleira, na safra 2009/10, foi estimada em 8.091,5 mil hectares, distribuída em todos estados produtores. A produtividade média brasileira está estimada em 82.103 kg.hectare<sup>-1</sup> para 2010/2011, 0,6% maior que a da safra 2009/10, mostrando um equilíbrio entre as duas safras.

Do total da cana esmagada, 301.517,2 mil toneladas (45,4%) foram destinadas à produção de açúcar, as quais devem produzir 38.667 mil toneladas do produto. O restante, 36.2816,2 mil toneladas (54,6%) destinadas à produção de álcool, devem gerar um volume total de 28.500 milhões de litros de álcool, deste total, 8.359,9 milhões de litros são de álcool anidro e 20.140,1 milhões de litros serão de álcool hidratado ( CONAB, 2010).

## 2.3 Uso das escórias siderúrgicas como fonte de Si para as plantas

O silício é o segundo elemento mais abundante da crosta terrestre, perdendo apenas para o oxigênio, está 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 (KORNDÖRFER 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).

Como já descrito, o mecanismo de correção da acidez do solo pelo uso dos silicatos, resulta na produção do ácido monossilícico (H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub>), que corresponde à forma química pela qual a planta absorve o silício, micronutriente benéfico às plantas (DATNOFF, 2004).

A cana-de-açúcar é uma das gramíneas que mais extraem Si do solo (PRADO et al., 2003), 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, além de promover melhoria na arquitetura das plantas (SAVANT et al., 1999).

## **2.4 Efeito do Si na produção da cana-de-açúcar**

A cana-de-açúcar responde favoravelmente a adubação com Si, particularmente os solos pobres nesse elemento. Ross et al. (1974) citam 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.

O efeito do Si no aumento de produtividade da cana-de-açúcar pode estar relacionado à maior resistência ao acamamento e, alterações na arquitetura da planta. Plantas adubadas com Si possuem as folhas mais eretas e, em consequência disso, mais eficientes quanto a capacidade de absorção da luz solar e de realizar fotossíntese. Além disso, o Si pode aumentar a resistência das plantas ao estresse hídrico, como demonstrado no trabalho de Faria (2000).

Experimentos de campo conduzidos no Brasil tem demonstrado resultados bastante consistentes com relação ao efeito do Si em cana-de-açúcar, principalmente no caso dos solos arenosos. Segundo Datnoff et al. (2001) , os aumentos de produção de cana-de-açúcar variaram de 11 a 16% na cana planta e de 11 a 20% na cana soca. O aumento de produção observado na cana soca com a aplicação do silicato no plantio, comprova o efeito residual deste produto.

Anderson e Snyder (1995) utilizando 20 ton de escória silicatada/ha no plantio observaram um aumento na produção de cana de 38,8% e de 50% de açúcar (avaliação feita em três cortes consecutivos). Ainda, 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%.

Na cana-de-açúcar o Si aplicado no plantio afeta não apenas a produtividade da cana planta, mas também da soqueira. Anderson et al. (1991) verificaram uma queda na produtividade da cana soca, em relação a cana-planta, de até 45% quando a cana-planta não foi adubada com Si e de apenas 28% quando a cana-planta recebeu adubação no plantio com silicato de cálcio. Esse resultado confirma o significativo efeito residual do silicato, mesmo depois de 2 anos após a aplicação.

## **2.5 Avaliações de índices biométricos**

Os parâmetros biométricos permitem a estimativa de produtividade agrícola. Consideram-se como componentes da produtividade da cana-de-açúcar a capacidade de perfilhamento, o comprimento dos colmos e os diâmetros dos colmos nos terços inferior, médio e superior. O perfilhamento consiste na formação de vários colmos a partir de uma única planta. É um dos fatores mais importantes dentro da cultura da cana-de-açúcar, pois é ele que determina o número de colmos para a produção açucareira (SILVA et al., 2004).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local de instalação do experimento

O experimento foi instalado na Fazenda Avenida pertencente à Usina Açucareira Guaíra, no município de Guaíra-SP, gleba 4162, com a cultivar comercial SP80-3280, sendo o plantio realizado após a colheita da soja no dia 23 de abril de 2008.

#### 3.2 Caracterização pré-experimental dos atributos químicos e físicos do solo

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Férrico (EMBRAPA, 1999). Com o objetivo de realizar a caracterização química e física deste solo, realizou-se antes da instalação dos experimentos a amostragem do mesmo. Para isso, 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 01 e 02).

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

Prof. cm	pH CaCl <sub>2</sub>	P -- mg	K dm <sup>-3</sup>	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	t	T	V	m	M.O.	
						cmol <sub>c</sub>	dm <sup>-3</sup>			---	%	---	g kg <sup>-1</sup>
00-20	4,92	9,2	1053	1,20	25,5	10,1	38,3	39,5	74,0	49,5	3,13	31	
20-40	5,03	3,3	390	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	Argila
		g kg <sup>-1</sup>	
0-20 cm	420,9	332,8	246,3

As amostras do solo também foram encaminhadas ao Laboratório de Tecnologia de Fertilizantes do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, para caracterização do mesmo quanto aos teores de Si. Utilizando-se como extrator do Si o  $\text{CaCl}_2$ , conforme metodologia proposta por Korndörfer et al. (2004a) o solo se encontrava com um teor de Si de  $10,8 \text{ mg dm}^{-3}$ .

### 3.3 Tratamentos e delineamento estatístico

Para avaliar a eficiência da escória siderúrgica Holcim como fonte de Si às plantas, utilizou-se como produto padrão a fonte AgroSilício<sup>®</sup>. O produto corresponde a um subproduto oriundo do tratamento térmico da escória de aço inox. Após estudos intensos este resíduo obteve a autorização do órgão ambiental FEAM e registro junto ao Ministério da Agricultura para ser utilizado como corretivo de acidez do solo e/ou fonte de silício para as plantas, sendo, portanto utilizado a anos em lavouras comerciais com eficiência agrônômica reconhecida e comprovada (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 -  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NO}_3\text{NH}_4$ ).

A Tabela 4 mostra a porcentagem de cada um dos metais pesados tanto do AgroSilício<sup>®</sup> quanto da escória Holcim.

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.

Observa-se que na escória Holcim, assim como no Agrosilício<sup>®</sup>, os teores de Cu, Zn, Cd, Cr e Pb são nulos. Com relação aos teores de Fe e Mn, estes na escória Holcim são bem próximos dos teores quantificados no Agrosilício<sup>®</sup>. Já o teor de Ni é nulo, enquanto que na fonte padrão este se encontra em torno de 0,2%.

Os tratamentos estabelecidos consistiram na aplicação de doses crescentes de 400, 800 e 1600 kg ha<sup>-1</sup> tanto da escória Holcim, quanto do Agrosilício<sup>®</sup>. Foi estabelecido ainda um tratamento testemunha, no qual não houve aplicação de nenhuma das fontes de Si.

Adotou-se o delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 2x3+1, sendo duas fontes de Si, aplicadas em 3 doses crescentes mais um tratamento adicional sem aplicação de nenhuma fonte de Si, o que resulta em 7 tratamentos com 4 repetições (Tabela 5).

Cada unidade experimental foi composta por 5 linhas de cana-de-açúcar com 15 m de comprimento cada, utilizando-se o espaçamento de 1,50 m, o que resulta em uma área total de 112,5 m<sup>2</sup>. Entretanto para anular o efeito de bordaduras, para todas as variáveis analisadas 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>.

Tabela 5. Caracterização dos tratamentos.

<b>Tratamento</b>	<b>Produto</b>	<b>Dose da fonte kg ha<sup>-1</sup></b>
1	Testemunha	-----
2	Escória Holcim 3	400
3	Escória Holcim 3	800
4	Escória Holcim 3	1600
5	Recmix - Agrosilício	400
6	Recmix - Agrosilício	800
7	Recmix - Agrosilício	1600

### 3.4 Instalação do experimento

Iniciou-se a instalação do experimento com o preparo do solo que consistiu em uma subsolagem seguida de grade niveladora até que as áreas se mostrassem uniformes. Posteriormente ao preparo do solo realizou-se a prática da calagem, realizada em taxa variável e em seguida a abertura dos sulcos de plantio através do uso de um sulcador simples.

Com os sulcos já abertos realizou-se a aplicação do inseticida Regent<sup>®</sup> (Fipronil - 800 g kg<sup>-1</sup>) na dose de 0,2 kg ha<sup>-1</sup> com o intuito de prevenir os toletes de cana da ação de pragas como cupins e formigas principalmente.

Com relação à adubação de plantio com macronutrientes, utilizou-se o MAP (11-52-00) na dose de 250 kg ha<sup>-1</sup>. Para a adubação de micronutrientes utilizou-se o composto Starter<sup>®</sup> (S 4%; Mn 5%; Zn 3%; B 0,3%; Cu 0,3%; Mo 0,05%; N 10% de densidade 1,31) na dose de 12 L ha<sup>-1</sup>.

Ainda no sulco de plantio aplicou-se o promotor de crescimento Stimulate<sup>®</sup> (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 aplicou-se então 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 realizou-se o plantio dos toletes de cana-de-açúcar, de forma manual respeitando-se a densidade de plantio de 15 gemas viáveis m<sup>-1</sup>.

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.

### **3.5 Variáveis avaliadas**

#### **3.5.1 Avaliações de índices biométricos**

##### **3.5.1.1 Perfilhamento**

As avaliações de perfilhos foram avaliadas aos 30, 60 e 90 dias após o plantio realizou-se avaliações do perfilhamento das plantas. A avaliação consistiu na simples contagem do número de perfilhos ao longo dos 13 metros de comprimento das 3 linhas centrais de cada unidade experimental (área útil da parcela). Ao fim da avaliação obteve-se uma estimativa do número médio de perfilhos por metro linear para cada um dos tratamentos.

### **3.5.1.2 Comprimento dos colmos**

O comprimento dos colmos foi obtido através da medida (m) de 20 colmos escolhidos ao acaso na área útil da parcela. Sendo esta medida correspondente a altura do colmo desde o nível do solo até o TVD (*top visible dewlap*), isto é, último *dewlap* visível, que geralmente corresponde à terceira folha a partir do ápice. Foram realizadas duas avaliações do comprimento dos colmos, sendo que a primeira destas foi realizada aos 120 dias após o plantio e a segunda na ocasião da colheita.

### **3.5.1.3 Diâmetros dos colmos**

Após o plantio selecionou-se ao acaso 20 colmos por parcela e com auxílio de um paquímetro convencional mediu-se o diâmetro (cm) dos colmos no seu terço inferior, mediano e superior.

### **3.5.2 Análise do teor foliar de Si nas plantas**

Durante o desenvolvimento das plantas, aos 180 e 240 dias após o plantio foram coletadas 20 folhas por parcela para avaliação dos teores foliares de Si . Tais folhas foram enviadas ao Laboratório de Fertilizantes da Universidade Federal de Uberlândia, onde foram lavadas em solução de água e detergente neutro e posteriormente enxaguadas em água corrente e, por último, em água destilada. Retirou-se a nervura central de cada uma das folhas e as acondicionou em sacos de papel com furos e colocando-as para secar em estufa de circulação de ar, a 65 °C até atingirem o peso constante. Após seco, o material foi moído em moinho tipo Willey e acondicionado em sacos plásticos identificados, até o momento da realização da análise, seguindo a metodologia proposta por Korndörfer et al. (2004 a).

### **3.5.3 Avaliação da produtividade**

A colheita da cana-de-açúcar foi realizada no dia 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

Adicionou-se ao peso obtido dos colmos colhidos em cada uma das parcelas experimentais, aquele proveniente das dez canas empregadas nas análises dos parâmetros tecnológicos. O peso total em  $\text{kg parcela}^{-1}$  foi convertido em  $\text{Mg ha}^{-1}$ .

### **3.5.4 Análise dos teores de Si disponível no solo**

Após a colheita da cana-de-açúcar, coletaram-se amostras de solo de cada parcela experimental para análise do teor de Si disponível. Para tanto, descartou-se 1,0 m das bordas anteriores e posteriores das mesmas. Cada amostra compôs-se de cinco sub-amostras, quatro retiradas da entrelinha e uma da linha de cultivo, nas profundidades de 0-15 cm, 15-30cm e 30-45cm. As mesmas foram encaminhadas ao Laboratório de Fertilizantes do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, onde foram secas em estufa de circulação forçada a 45 °C, até atingirem peso constante, depois do que foram trituradas manualmente, com o auxílio de um rolo de madeira, passadas em peneira de 2 mm e submetidas à análise, conforme metodologia descrita por Korndörfer et al. (2004 b).

### **3.6 Análise estatística**

Os resultados obtidos foram submetidos a análises de variância, com a aplicação do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000). 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

### 4.1 Avaliações de índices biométricos

#### 4.1.1 Perfilhamento

Perfilhamento é o processo de emissão de colmos ou hastes por uma mesma planta, os quais por sua vez recebem a denominação de perfilhos. Ele ocorre a partir da porção subterrânea e varia de espécie para espécie, cultivares dentro de uma mesma espécie, e entre diferentes manejos da cultura. Trata-se de um dos fatores mais importantes dentro da cultura da cana-de-açúcar, pois é ele que determina o número de colmos para a produção açucareira (SILVA et al., 2004).

O número de perfilhos varia conforme a cultivar, dependendo das suas características genéticas. Por exemplo, a espécie *S. officinarum* apresenta baixo perfilhamento, transferindo essa característica a seus híbridos, enquanto *S. spontaneum* é de alto perfilhamento (STEVENSON, 1935). No processo seletivo para obtenção de novas variedades, normalmente eliminam-se os genótipos que apresentem tanto excesso, como baixo perfilhamento, por fugirem às características desejadas comercialmente.

Além das características genéticas, outros fatores são determinantes para a capacidade de perfilhamento da cana-de-açúcar. Segundo Casagrande (1991), o modo de perfilhamento varia também em função de fatores como a luminosidade, temperatura, umidade de solo, espaçamento entre linhas e disponibilidade de alguns nutrientes.

Autores relatam que são vários os nutrientes que influenciam no perfilhamento, destacam-se o N e o P (MALAVOLTA et al., 1967). Nesse contexto o P merece destaque visto que é um elemento essencial para o bom perfilhamento em muitas gramíneas (RODRIGUES et al., 1999).

Observa-se que o perfilhamento das plantas 30 dias após o plantio não houve diferença entre as fontes e nem diferença entre as doses das escórias, isso pode-se ter ocorrido devido ao pouco tempo para a reação das escórias com o solo (Tabela 6).

Já na avaliação de perfilhamento realizada aos 60 dias após o plantio não houve diferença entre as fontes (Tabela 7), mas as doses influenciaram tal variável sendo que a quantidade média de perfilhos esperado sem a aplicação de escória é de 12,104 e para cada 1 kg de escória aplicada espera-se um incremento de 0,0007 perfilhos (Figura 1).

Independentemente da fonte de Si utilizada observa-se que com o aumento da dose aplicada o número de perfilhos por metro linear ,aos 60 dias após o plantio, aumenta linearmente, houve diferença com os resultados da avaliação aos 30 dias devido ao tempo de reação no solo ser diferente , sendo que a segunda disponibiliza mais silício ao solo e a planta. Não há relatos de que exista correlação entre o aumento da disponibilidade de Si e o aumento do perfilhamento. Entretanto estudos com escórias aplicadas ao solo têm demonstrado um significativo incremento na disponibilidade de fósforo (PRADO et al., 2002). Isso se deve ao fato de que o Si, disponibilizado pela escória, compete com o P pelos mesmos sítios de adsorção no solo e assim por estar em maior concentração consegue ocupar os sítios anteriormente ocupados pelo P, deixando-o na solução do solo podendo ou não torná-lo disponível às plantas.

Como o fósforo é tido como um o nutriente que mais interfere no perfilhamento das plantas de cana-de-açúcar, pode ser que as fontes aplicadas estejam aumentando a disponibilidade de P no solo e, portanto favorecendo o perfilhamento das plantas aos 60 dias após o plantio, embora não se tenha avaliado os teores de P no solo com a aplicação das fontes avaliadas.

Para a avaliação realizada aos 90 dias após o plantio, houve diferença entre as fontes nas doses de 400 e 800 kg ha<sup>-1</sup> de escória, sendo que a fonte Holcim foi superior à Agrosilício<sup>®</sup> na dose de 400 kg ha<sup>-1</sup> e a Agrosilício<sup>®</sup> superior à Holcim na dose de 800 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 8).

Nesta última avaliação observa-se que o aumento das doses não interferiram sobre o perfilhamento das plantas de cana-de-açúcar. Provavelmente isso se deve ao fato de que aos 60 dias após o plantio, as plantas já haviam atingido o seu perfilhamento máximo, visto que este tende a diminuir após atingir este estágio. Tokeshi (1986) ressalta que na curva de perfilhamento da cana-de-açúcar o seu ponto máximo ocorre, em geral, entre quatro e seis meses em cana planta. Quando os perfilhos maiores atingem em torno de 50 cm de altura. Neste momento inicia-se a concorrência por luz, água e nutrientes dentro e entre plantas. A tendência é de estabilizar-se o número de perfilhos e mais tarde, com o crescimento dos colmos dominantes, o seu número decresce com a eliminação dos mais fracos, doentes e mal posicionados. Assim sendo, para a variedade utilizada e nas condições as quais as plantas foram submetidas, o perfilhamento aumentou até os 60 dias após o plantio, a partir deste ponto passou a decrescer até atingir os índices observados aos 90 dias após o plantio.

Tabela 6. Perfilamento das plantas 30 dias após o plantio em função da aplicação de doses crescentes de diferentes fontes de Si.

Doses kg ha <sup>-1</sup>	Fontes de Si		Média
	Holcim	Agrosilício®	
	----- Perfilamento aos 30 D.A.P (perfilhos m <sup>-1</sup> ) -----		
0	11,86	11,86	11,86
400	12,34	11,62	11,98
800	11,97	11,80	11,89
1600	12,69	12,63	11,66
Análise de regressão			N.S
Média	12,21 A	11,98 A	

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

Tabela 7. Perfilamento das plantas 60 dias após o plantio em função da aplicação de doses crescentes de diferentes fontes de Si.

Doses kg ha <sup>-1</sup>	Fontes de Si		Média
	Holcim	Agrosilício®	
	----- Perfilamento aos 60 D.A.P (perfilhos m <sup>-1</sup> ) -----		
0	12,00	12,00	12,00
400	13,04	12,02	12,53
800	12,33	12,84	12,59
1600	13,13	13,14	13,13
Análise de regressão			*
Média	12,62 A	12,50 A	

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

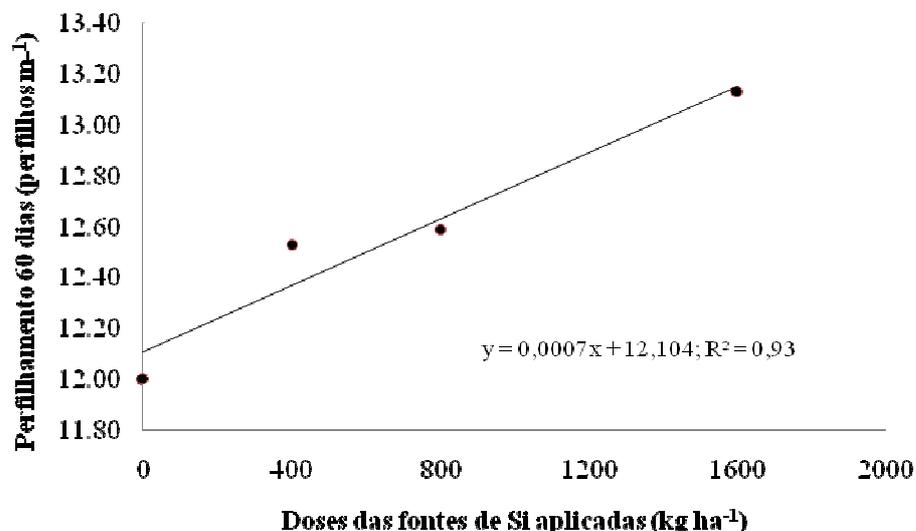


Figura 1. Influência da aplicação de doses crescentes de fontes de Si sobre o perfilamento das plantas aos 60 dias após o plantio.

Tabela 8. Perfilamento das plantas 90 dias após o plantio em função da aplicação de doses crescentes de diferentes fontes de Si.

Doses kg ha <sup>-1</sup>	Fontes de Si		Média
	Holcim	Agrosilício®	
	----- Perfilamento aos 90 D.A.P (perfilhos m <sup>-1</sup> ) -----		
0	11,20 a	11,20 a	11,20
400	11,57 a	10,15 b	10,86
800	10,22 b	11,50 a	10,86
1600	11,66 a	12,00 a	11,83
Análise de regressão	N.S	N.S	
Média	11,16A	11,21A	

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

#### 4.1.2 Diâmetro dos colmos

O diâmetro do colmo no terço inferior sem a aplicação da escória é de 3,06 cm e há incremento nesse valor até a dose de 1000 kg ha<sup>-1</sup>, após essa dose os valores tendem a diminuir (Figura 2). Não houve diferença entre as fontes nessa variável (Tabela 9).

Quando analisado o diâmetro dos colmos no terço médio das plantas, verificou-se que na dose de 400 kg ha<sup>-1</sup>, a fonte Agrosilício® foi superior à Holcim, mas nas doses de 800 e 1600 kg ha<sup>-1</sup> a fonte Holcim apresentou os maiores valores se comparado com a Agrosilício® (Tabela 10).

Com aplicação das doses da fonte Holcim observou-se aumento no diâmetro do colmo no terço médio sendo que o maior valor foi observado com a aplicação de 1111 kg ha<sup>-1</sup> da escória. Já aplicando doses da fonte Agrosilício® espera-se um incremento no diâmetro do colmo até a dose de 1000 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 3).

As fontes só diferenciaram no diâmetro dos colmos no terço superior na dose de 800 kg ha<sup>-1</sup>, sendo que a fonte Holcim apresentou o maior valor (Tabela 11). Com a aplicação das doses de Agrosilício® espera-se um incremento de 3x10<sup>-5</sup> cm para cada 1 kg de Agrosilício® e com a aplicação da fonte Holcim espera-se um incremento no diâmetro do colmo até a dose de 1000 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 4).

Tabela 9. Diâmetro dos colmos no terço inferior das plantas (cm) em função da aplicação de doses crescentes de diferentes fontes de Si.

Doses kg ha <sup>-1</sup>	Fontes de Si		Média
	Holcim	Agrosilício®	
	----- Diâmetro do colmo no terço inferior das plantas (cm) -----		
0	3,06	3,06	3,06
400	3,21	3,30	3,25
800	3,34	3,38	3,36
1600	3,29	3,26	3,27
Análise de regressão			**
Média	3,22 A	3,25 A	

N.S: Análise de regressão não significativa a 5% de probabilidade. \* Análise de regressão significativa para o modelo linear. \*\* 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.

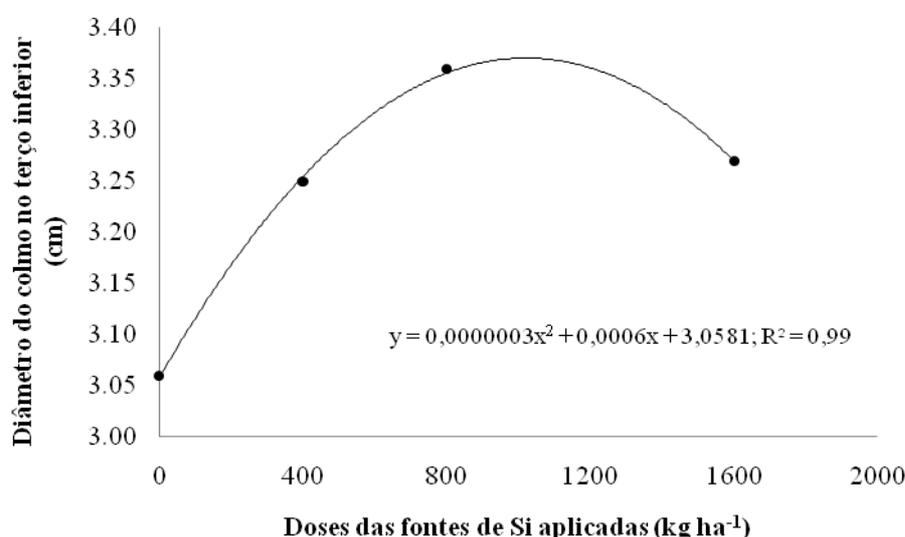


Figura 2. Influência da aplicação de doses crescentes de fontes de Si sobre o diâmetro do colmo no terço inferior das plantas

Tabela 10. Diâmetro dos colmos no terço médio das plantas (cm) em função da aplicação de doses crescentes de diferentes fontes de Si.

Doses kg ha <sup>-1</sup>	Fontes de Si		Média
	Holcim	Agrosilício®	
	----- Diâmetro do colmo no terço médio das plantas (cm) -----		
0	3,05 a	3,05 a	3,05
400	3,10 b	3,18 a	3,14
800	3,20 a	3,15 b	3,17
1600	3,21 a	3,15 b	3,18
Análise de regressão			**
Média	3,14	3,13	

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% de significância.

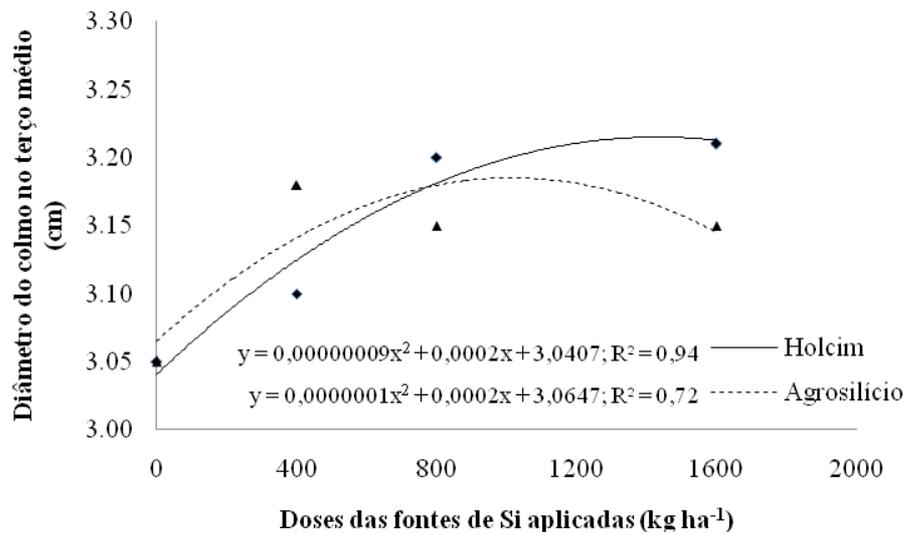


Figura 3. Influência da aplicação de doses crescentes de fontes de Si sobre o diâmetro do colmo no terço médio das plantas

Tabela 11. Diâmetro dos colmos no terço superior das plantas (cm) em função da aplicação de doses crescentes de diferentes fontes de Si.

Doses	Fontes de Si		Média
	Holcim	Agrosilício®	
kg ha <sup>-1</sup>	----- Diâmetro do colmo no terço superior das plantas (cm) ---		
0	2,72 a	2,72 a	2,72
400	2,72 a	2,69 a	2,70
800	2,86 a	2,75 b	2,80
1600	2,77 a	2,76 a	2,77
Análise de regressão	**	*	
Média	2,76	2,73	

\* Análise de regressão significativa para o modelo linear. \*\* 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.

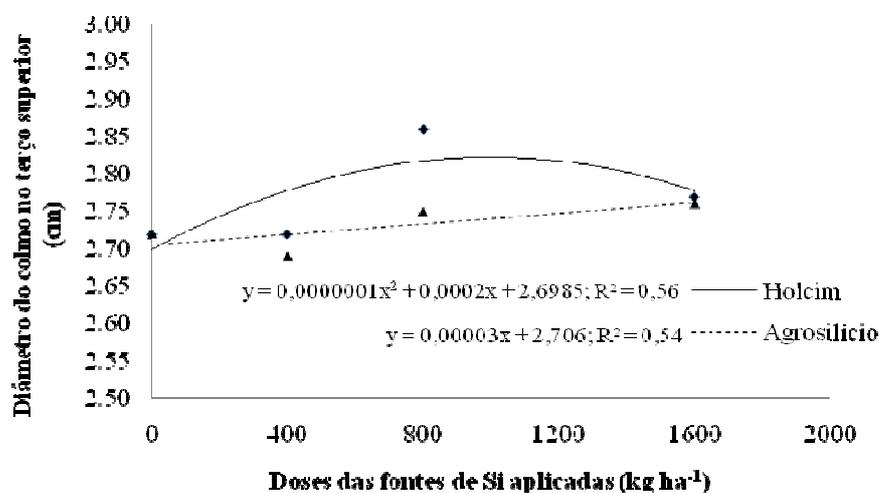


Figura 4. Influência da aplicação de doses crescentes de fontes de Si sobre o diâmetro do colmo no terço superior das plantas

### 4.1.3 Altura das plantas

Para a avaliação da altura das plantas aos 240 dias após o plantio, observou-se que, independentemente das doses aplicadas, as plantas tratadas com o Agrosilício® mostraram-se maiores do que as tratadas com a fonte Holcim (Tabela 12).

Tabela 12. Altura das plantas (m) aos 240 dias após o plantio, em função da aplicação de doses crescentes de diferentes fontes de Si.

Doses kg ha <sup>-1</sup>	Fontes de Si		Média
	Holcim	Agrosilício®	
	----- Altura das plantas aos 240 D.A.P (m) -----		
0	2,50	2,50	2,50
400	2,56	2,60	2,58
800	2,54	2,57	2,55
1600	2,57	2,66	2,61
Análise de regressão			*
Média	2,54 B	2,58 A	

\* Análise de regressão significativa para o modelo linear. Médias de uma linha seguidas por mesma letra são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Essa observação se repetiu quando avaliou-se a altura das plantas no momento da colheita ( Tabela 13) , isto é, as plantas desenvolvidas sobre o solo que recebeu a aplicação do Agrosilício® mostraram-se maiores quando comparadas às que se desenvolveram sobre o solo que recebeu a aplicação da escória Holcim.

Tabela 13. Altura das plantas (m) no momento da colheita, em função da aplicação de doses crescentes de diferentes fontes de Si.

Doses kg ha <sup>-1</sup>	Fontes de Si		Média
	Holcim	Agrosilício®	
	----- Altura das plantas no momento da colheita (m) -----		
0	3,35	3,35	3,35
400	3,38	3,45	3,41
800	3,35	3,46	3,41
1600	3,43	3,59	3,51
Análise de regressão			*
Média	3,38 B	3,46 A	

\* Análise de regressão significativa para o modelo linear. \*\* 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.

Em ambas avaliações observou-se que, independentemente da fonte aplicada, a aplicação de doses crescentes influenciaram linearmente na altura das plantas (Figura 5 e 6).

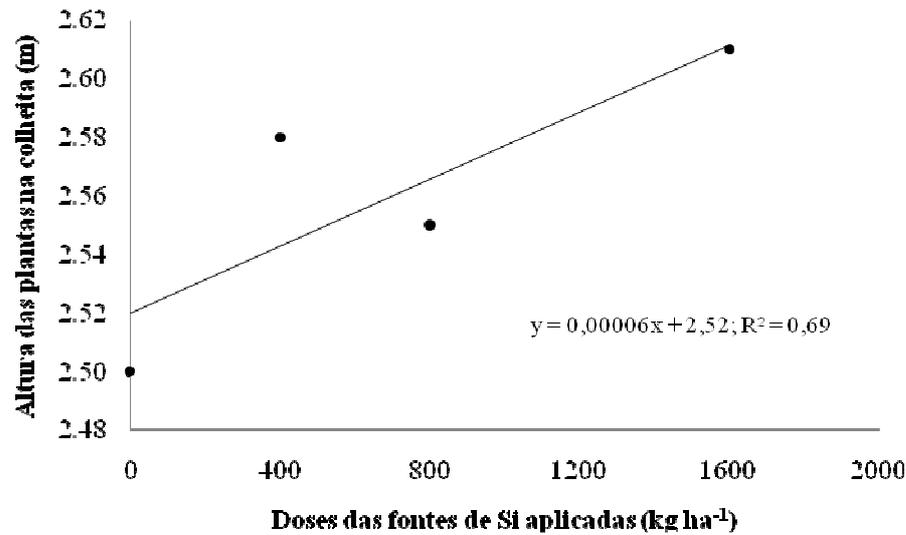


Figura 5. Influência da aplicação de doses crescentes de fontes de Si sobre altura das plantas aos 240 dias após o plantio

Observa-se que, sem a aplicação de qualquer uma das fontes, a altura média esperada dos colmos aos 240 D.A.P é de 2,52 m. Estima-se que para cada 1 kg de fonte aplicada espera-se um incremento de 0,00006 m na altura das plantas .

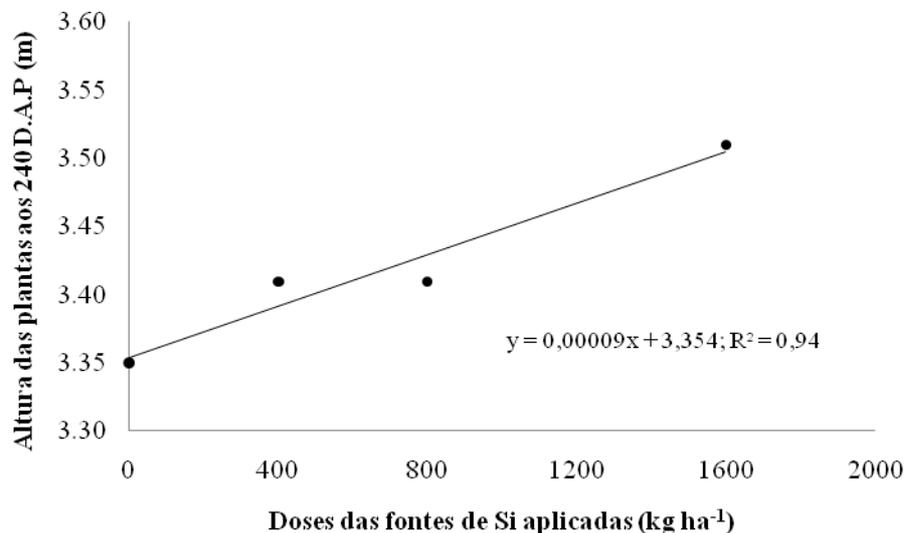


Figura 6. Influência da aplicação de doses crescentes de fontes de Si sobre altura das plantas no momento da colheita

Já para a avaliação realizada no momento da colheita, observa-se que, sem a aplicação de qualquer uma das fontes, a altura média esperada dos colmos aos 3,35 m. Estima-se que para cada 1 kg de fonte aplicada espera-se um incremento de 0,00009 m na altura das plantas.

Os resultados obtidos são semelhantes aos que foram observados por Korndörfer et al. (2000), que avaliando 3 variedades de cana-de-açúcar submetidas a doses crescentes de cimento (silicato de cálcio) observaram que as plantas do tratamento testemunha, ou seja, que se desenvolveram no solo que não recebeu a aplicação de cimento, apresentaram-se menores com relação as demais.

#### 4.2 Avaliações dos teores de Si foliar

Quando analisado os teores foliares de Si não se verificou diferença estatística entre as fontes e nem influência das doses crescentes de escória nas análises realizadas aos 180 e 240 dias após o plantio (Tabelas 14 e 15).

Tabela 14. Teor foliar de Si (%) aos 180 dias após o plantio, em função da aplicação de doses crescentes de diferentes fontes de Si.

Doses kg ha <sup>-1</sup>	Fontes de Si		Média
	Holcim	Agrosilício®	
	----- Teor foliar de Si 180 D.A.P (g kg <sup>-1</sup> ) -----		
0	0,9	0,9	0,9
400	0,9	1,0	1,0
800	1,0	1,0	1,0
1600	0,9	1,0	1,0
Análise de regressão			N.S
Média	0,9 A	1,0 A	

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

Tabela 15. Teor foliar de Si (%) aos 240 dias após o plantio, em função da aplicação de doses crescentes de diferentes fontes de Si.

Doses kg ha <sup>-1</sup>	Fontes de Si		Média
	Holcim	Agrosilício®	
	----- Teor foliar de Si 240 D.A.P (g kg <sup>-1</sup> ) -----		
0	1,2	1,2	1,2
400	1,3	1,3	1,3
800	1,2	1,4	1,3
1600	1,4	1,4	1,4
Análise de regressão			N.S
Média	1,3 A	1,3 A	

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

Kingston et al. (2005) observaram aumento da absorção de silício pela cana-de-açúcar em relação às doses de silicato de cálcio aplicadas. Segundo esses mesmos autores, o

tratamento que recebeu aplicação de fonte silício adquiriu 89,0 kg ha<sup>-1</sup> de Si a mais que o tratamento controle, sem aplicação de fontes desse elemento.

Os resultados obtidos do presente ensaio utilizando-se a variedade SP80-3280, não apresentam diferença estatística entre os tratamentos para a concentração de silício nas folhas da cana-de-açúcar, após a aplicação das doses das fontes.

### 4.3 Avaliações dos teores de Si no solo

Quando analisado o Si no solo na profundidade de 0 a 15 cm, verificou-se que houve diferença entre as fontes nas doses de 400 e 1600 kg ha<sup>-1</sup> de escória, sendo que a fonte Agrosilício<sup>®</sup> foi superior à Holcim na dose de 400 kg ha<sup>-1</sup> e a fonte Holcim superior à Agrosilício<sup>®</sup> na dose de 1600 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 16).

Tabela 16. Teor de Si no solo (ppm) na camada de 0 a 15 cm de profundidade, em função da aplicação de doses crescentes de diferentes fontes de Si.

Doses kg ha <sup>-1</sup>	Fontes de Si		Média
	Holcim	Agrosilício <sup>®</sup>	
	----- Teor de Si no solo 00-15 cm (mg dm <sup>-3</sup> ) -----		
0	10,8 a	10,8 a	10,8
400	10,0 b	11,2 a	10,6
800	10,7 a	10,6 a	10,7
1600	11,8 a	11,07 b	11,47
Análise de regressão	**	N.S	
Média	10,9A	11,0A	

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.

Houve influência das doses crescentes apenas quando se aplicou a fonte Holcim, sendo que até a dose de 700 kg ha<sup>-1</sup> verificou-se uma queda nos teores de Si no solo e a partir dessa dose observa-se um incremento nos teores de Si na camada de 0 a 15 cm de profundidade (Figura 7).

Isto mostra que a fonte Holcim tem alta capacidade em aumentar a disponibilidade de Si no solo, confirmando os resultados obtidos por Santos (2008), onde em teste de incubação, observou que a escória Holcim apresenta alta capacidade de disponibilizar Si ao solo, sendo esta capacidade até mesmo superior do que a da Wollastonita (metassilicato de cálcio natural, utilizado como fonte padrão de Si em estudos científicos) em dois tipos de solos.

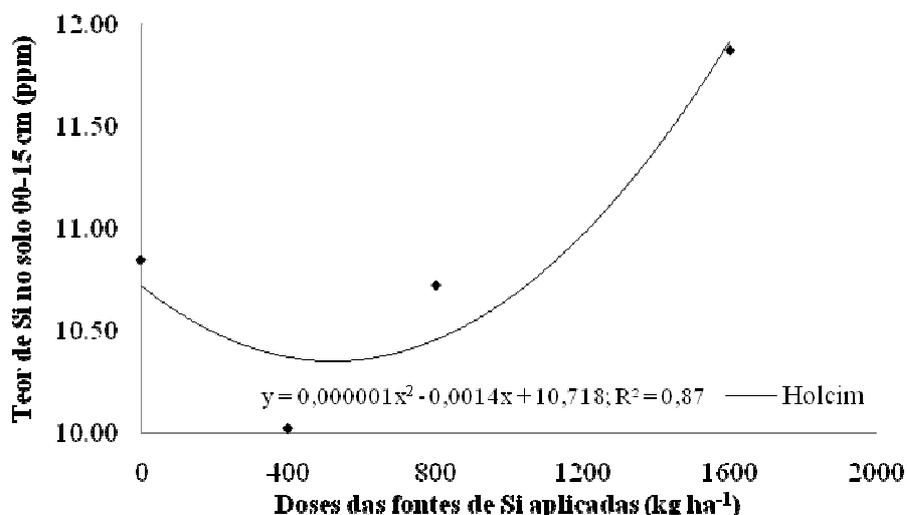


Figura 7. Influência da aplicação de doses crescentes de fontes de Si sobre os teores de Si no solo na camada de 0 a 15 cm de profundidade.

Na tabela 17 vemos os teores de Si nas camadas de 15 a 30 cm de profundidade. A fonte Holcim foi superior á Agrosilício<sup>®</sup> apenas na dose de 1600 kg ha<sup>-1</sup>, nas demais doses não se verificou diferença estatística.

Tabela 17. Teor de Si no solo (ppm) na camada de 15 a 30 cm de profundidade, em função da aplicação de doses crescentes de diferentes fontes de Si.

Doses kg ha <sup>-1</sup>	Fontes de Si		Média
	Holcim	Agrosilício <sup>®</sup>	
	----- Teor de Si no solo 15-30 cm (mg dm <sup>-3</sup> ) -----		
0	9,0 a	9,0 a	9,0
400	9,1 a	9,2 a	9,1
800	9,8 a	9,5 a	9,6
1600	9,4 a	8,2 b	8,8
Análise de regressão	**	**	
Média	9,4	9,0	

\*\* 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.

Com a aplicação das doses da escória Holcim, observa-se um incremento de Si no solo nas camadas de 15 a 30 cm de profundidade até a dose de 1000 kg ha<sup>-1</sup> e quando utilizado a fonte Agrosilício<sup>®</sup> até 750 kg ha<sup>-1</sup> após essas doses observa-se um decréscimo nos teores de Si no solo (Figura 8).

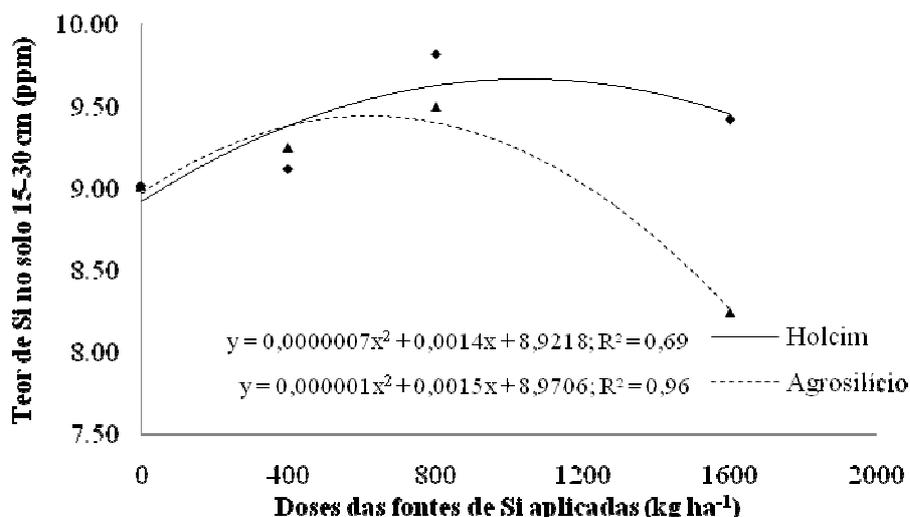


Figura 8. Influência da aplicação de doses crescentes de fontes de Si sobre os teores de Si no solo na camada de 15 a 30 cm de profundidade.

Os teores de Si nas camadas de 30 a 45 cm de profundidade só foram diferentes estatisticamente com a aplicação da dose de 800 kg ha<sup>-1</sup>, sendo que a fonte Agrosilício<sup>®</sup> apresentou maiores teores de Si no solo se comparado com a fonte Holcim (Tabela 18).

Tabela 18. Teor de Si no solo (ppm) na camada de 30 a 45 cm de profundidade, em função da aplicação de doses crescentes de diferentes fontes de Si.

Doses kg ha <sup>-1</sup>	Fontes de Si		Média
	Holcim	Agrosilício <sup>®</sup>	
	----- Teor de Si no solo 30-45 cm (mg dm <sup>-3</sup> ) -----		
0	6,4 a	6,4 a	6,4
400	7,1 a	7,0 a	7,1
800	7,0 b	8,4 a	7,7
1600	6,8 a	7,2 a	7,0
Análise de regressão	**	**	
Média	6,8	7,2	

\*\* 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.

Com a aplicação das doses da escória Agrosilício<sup>®</sup>, observa-se um incremento de Si no solo nas camadas de 30 a 45cm de profundidade ate a dose de 937,5 kg ha<sup>-1</sup> e quando utilizado a fonte Holcim até 1000 kg ha<sup>-1</sup> após essas doses observa-se um decréscimo nos teores de Si no solo nas camadas de 30 a 45 cm (Figura 9).

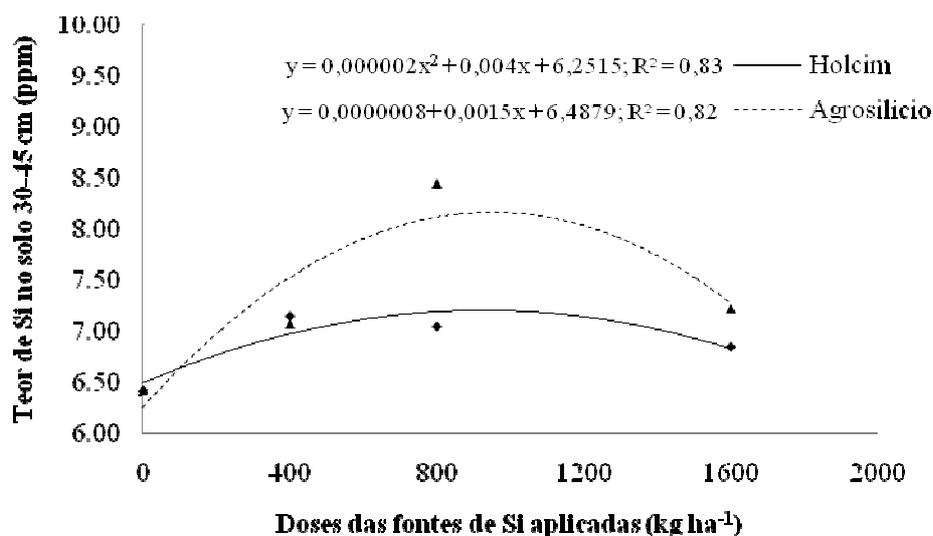


Figura 9. Influência da aplicação de doses crescentes de fontes de Si sobre os teores de Si no solo na camada de 30 a 45 cm de profundidade.

#### 4.4 Avaliação da produtividade

As fontes não diferiram entre si estatisticamente na variável produtividade (Tabela 19). Entretanto, independentemente da fonte utilizada, a produtividade da cana-de-açúcar aumentou a medida que se adicionou as doses das fontes até a dose de 1255 kg ha<sup>-1</sup> onde se observa a maior produtividade, 179,23 Mg ha<sup>-1</sup> (Figura 10).

Tabela 19. 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.

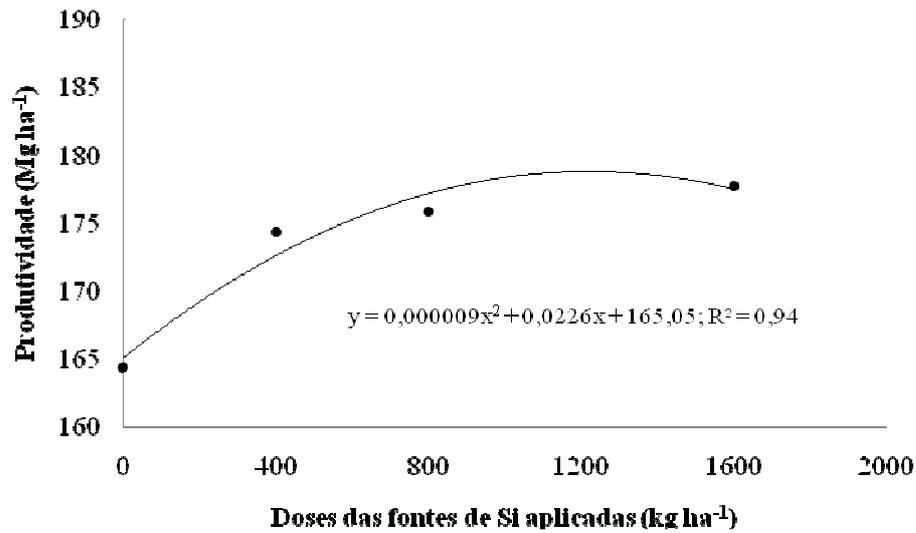


Figura 10. Efeitos de doses de duas fontes de Si sobre a produtividade de cana-de-açúcar (Mg ha<sup>-1</sup>).

Houve aumento de produtividade quando aplicado ambas as fontes, devido ao silício presente nessas. O mesmo ocorre em Korndörfer et al. (2000), estudando o efeito da aplicação de Si na cana-de-açúcar, verificaram acréscimo médio de 9,1 t ha<sup>-1</sup> na produtividade dessa cultura quando feito a aplicação. Korndörfer et al. (2004) verificaram aumento médio de 14 t ha<sup>-1</sup> 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 t ha<sup>-1</sup> 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 t ha<sup>-1</sup> 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 t ha<sup>-1</sup> de escória como fonte de Si.

## 5 CONCLUSÕES

Conclui-se que as fontes Holcim e Agrosilício® não diferiram entre si na disponibilização de silício para o solo e planta. As doses crescentes de silicato não influenciaram no perfilhamento final, entretanto nos demais atributos biométricos houveram diferenças significativas com a aplicação das doses de escória, quando comparadas com a testemunha. Doses crescentes de escória acima de 700 Kg. ha<sup>-1</sup> aumentaram o teor de silício no solo na profundidade de 0-15 cm, resposta esta não observada em maiores profundidades. Não houve aumento na absorção de silício pela de cana-de-açúcar em relação às doses de silicato aplicadas. A produtividade da cana-de-açúcar aumentou a medida que se adicionou as fontes até a dose de 1255 kg ha<sup>-1</sup> devido ao silício presente nessas.

## REFERÊNCIAS

- ANDERSON, D.L.; SNYDER, G.H.. El silíceo en el suelo y la planta (Parte III). **The Sugar Journal**, New Orleans, v.58, n.4, p.12-13. 1995.
- 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.
- CASAGRANDE, A.A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: Funep, 1991. 157p.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Cana-de-açúcar: Safra 2010/2011, Primeiro levantamento**, Abril de 2010. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/1\\_cana\\_10.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/1_cana_10.pdf). Acesso em: 18 maio de 2010.
- DATNOFF, L. E.; KORNDÖRFER, G. H.; SNYDER, G. H. **Silicon in Agriculture**. Amsterdam: Elsevier Science B.V., 2001, 424p. (Vol. 8, book series Studies in Plant Science).
- ELAWAD, S.H., STREET, J.J.; GASCHO, G.J. Response of sugarcane to silicate source: and rate. **Agronomy Journal** , Madison, v. 74, n. 3, p. 481-484. 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.
- FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Paulo. **Anais...**, São Paulo: UFSCar, 2000. p. 255-258.
- KIDDER, G.; GASCHO, G.J. Silicate slag recommended for specified conditions in Florida sugarcane. **Agronomy Facts, Florida Cooperative of Extension Service**, University of Florida, Gainesville, n.65, 1977. 2p.
- 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. 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**, Piracicaba, v. 19, n. 2, p. 6-9. 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.; DATNOFF, L.E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana-de-açúcar e do arroz. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.70, p.1-3, 1995.

KORNDÖRFER, G. H.; LEPSH, I. Effect of silicon on plant growth and crop yield. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. (ed) **Silicon in agriculture**, Amsterdam: Elsevier Science, 2001. p. 209-219.

KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. **Silicatos de Cálcio e magnésio na agricultura**. 3. ed. Uberlândia: GPSi/ICIAG/UFU, 2004. 23 p. Boletim Técnico 01.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. Papel do Si na produção de cana-de-açúcar. **STAB-Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 21, n. 2, p. 06-09, 2002.

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

KORNDÖRFER, G. H. ; SNYDER, G. H. ; ULLOA, M. ; DATNOFF, L. E. Calibration of soil and plant silicon for rice production. **Journal Plant Nutritional**, New York, v. 23, n. 4, p. 971-984, 2000.

LIAN, S. Silica fertilization of rice. **The fertility of paddy soils and fertilizer applications for rice**. Food And Fertilizer Technology Center, Taipei, p.197-220, 1976.

LIMA FILHO, O. F.; LIMA, M. T. G.; TSAI, S. M. **O silício na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS, 1999. 7p (Encarte técnico. Informações Agronômicas, nº 87).

MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F.; BRASIL-SOBRINHO, M.O.C. **Nutrição mineral de algumas culturas tropicais**. Pioneira/EDUSP, São Paulo, 1967. 497p.

PRADO,R.M.;FERNANDES,F.M.;NATALE, W. Calcário e escória de siderurgia avaliados por análise foliar, acúmulo e exportação de macronutrientes da cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 129-135, 2002.

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.

RODRIGUES, J.D.; ANDRADE, F.H.; GOUDRIAAN, J. Effects of phosphorus nutrition on tiller emergence in wheat. **Plant and Soil**, The Hague, v.209, p.283-295, 1999.

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, Durban, **Proceedings...** v.15, n.2, p. 539-542. 1974.

SANTOS, A. P. **Avaliação de escórias siderúrgicas como corretivo de acidez do solo e como fonte de silício, cálcio e magnésio.** 2008. 27f . Monografia ( Trabalho de Conclusão de Curso na Agronomia) - Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia.

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

SILVA, M. de A.; CARLIN, S.D.; PERECIN, D. Fatores que afetam a brotação inicial da cana-de-açúcar. **Revista Ceres**, Viçosa, v.51, p. 457-466, 2004.

STEVENSON, G.C.; McINTOSH, A. E. S. Investigation into the root development of the sugar cane in Barbados. I – Root development in several varieties under one environment. **British West Indies Central Sugarcane Breeding Station Bulletin**. Bridgetown, 1935. 5p.

TOKESHI, H. Perfilhamento e perdas pelo carvão da cana-de-açúcar. **STAB**, Piracicaba, v.4, n.5, p.34-44, 1986.