

## EFEITOS DA ESCÓRIA DE SIDERURGIA SOBRE A CULTURA DO MILHO (*Zea mays* L.) CULTIVADO EM UM LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO

Renato de Mello PRADO \*  
Gaspar Henrique KORNDORFER \*\*

- \* Departamento de Solos e Adubos, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp. Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, Cep 14870-000, Jaboticabal, SP, Brasil.
- \*\* Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia. Cep 38400-000, Uberlândia, MG, Brasil.

- **RESUMO** –Objetivou-se avaliar o efeito da aplicação da escória de siderurgia nas propriedades químicas de um Latossolo Vermelho Amarelo, com alta saturação por bases, na produtividade do milho e na incidência de doenças. Os tratamentos foram constituídos de cinco doses de escória (0, 500, 1000, 2000 e 4000 kg/ ha) com cinco repetições. A escória aplicada até a dose de 4000 kg ha<sup>-1</sup> não influenciou a produtividade do milho e não aumentou significativamente a disponibilidade de P, K, Ca e Mg no solo. A aplicação da escória de siderurgia não reduziu a incidência de *Phaeosphaeria maydis* e *Helminthosporium* sp. na cultura.
- **PALAVRAS-CHAVE ADICIONAIS:** silício; *Phaeosphaeria maydis*; *Helminthosporium* sp.

**PRADO, R. de M.; KORNDORFER, G. A. Effect of steel metallurgy basic slag on corn (*Zea mays* L.) cultivated in yellow red dystrophic latosol. Científica, Jaboticabal, v.31, n.1, p.9-17, 2003.**

- **ABSTRACT** –The objective of this experiment is to evaluate the effects of basic slag on corn production and on disease control, as well as the effects on chemical properties of soil, and the effectiveness of this slag as a silicon source. The treatments were five basic slag doses (0, 500, 1000, 2000, 4000 kg/ ha) with five replications. Basic slag up to 4000 kg/ ha did not affect the corn productivity, and it did not promote a significant increase of available P, K, Ca, Mg in the soil. The soil acidity tended to decrease with basic slag addition. Basic slag did not show any effect on the incidence of *Phaeosphaeria maydis* and *Helminthosporium* sp. in the field.
- **ADDITIONAL KEYWORDS:** silicon; *Phaeosphaeria maydis*; *Helminthosporium* sp.

## INTRODUÇÃO

O milho vem aumentando sua capacidade de utilização, uma vez que apresenta grande variedade de formas de aproveitamento, tanto na alimentação animal, como componente de rações, quanto na alimentação humana, principalmente por ser de baixo custo.

Com a implantação do parque siderúrgico nacional, a geração de resíduos tem-se tornado um problema grave no que tange às perturbações ao meio ambiente. A eliminação desses resíduos contamina o lençol freático e o solo, além de ocupar extensas áreas para armazenar e depositar esse material, por não se ter onde aplicá-lo. Têm sido realizados trabalhos com a intenção de viabilizar a aplicação dos resíduos siderúrgicos na agricultura e, com isso, diminuir ou, até mesmo, eliminar as imensas quantidades de resíduos acumulados em pequenas áreas, as quais se tornam totalmente estéreis após acumular esse material por longo tempo. A escória de siderurgia é proveniente da reação da sílica do minério de ferro com o cálcio do calcário no alto forno, dando um silicato de cálcio com impurezas.

Alguns resíduos siderúrgicos, empregados como corretivos da acidez, têm-se mostrado uma alternativa viável para o aproveitamento de parte desses subprodutos da siderurgia. Entre esses, as escórias, cujos componentes neutralizantes são os silicatos de cálcio e magnésio, comportam-se de forma semelhante aos calcários (AMARAL SOBRINHO et al., 1993). Esses resíduos apresentam, geralmente, teores elevados de micronutrientes (FIRME, 1986), justificando sua utilização como fertilizante (LOUSADA, 1987).

As escórias, por terem em sua composição quantidades expressivas de silício, podem ser utilizadas como fonte deste elemento para as plantas, uma vez que os cultivos consecutivos reduzem a concentração de silício no solo.

Solos extremamente intemperizados, ácidos, com alto potencial de lixiviação, baixa saturação por bases, concentrações

de Si trocável e relação (Kr) sílica / sesquióxidos de Fe e Al apresentam também baixa capacidade de fornecimento de Si disponível (BRADY, 1992).

O uso de silicatos poderá constituir-se em alternativa como corretivo da acidez dos solos, como fonte de silício para as plantas e, também, para diminuir o consumo de inseticidas e fungicidas, pois as plantas bem nutridas com Si têm sua resistência a pragas e doenças aumentada (PRADO et al., 2001). Portanto, necessitam-se de mais estudos e mais conhecimentos sobre o uso adequado desses compostos.

O Si é um dos elementos mais abundantes na crosta terrestre e componente majoritário de minerais do grupo dos silicatos. Em solos, ocorre, principalmente, no mineral inerte das areias, o quartzo ( $\text{SiO}_2$ ), bem como na caulinita e outros minerais de argila. O elemento ocorre na solução do solo, na forma de ácido monossilícico (RAIJ & CAMARGO, 1973).

Os minerais de argila têm cargas negativas (CTC), provenientes de substituição isomórfica. Por outro lado, apresentam oxigênio ou hidroxilas ligados a silício ou alumínio, que estão expostas nas arestas, onde pode haver complexação de  $\text{OH}^-$  ou dissociação de  $\text{H}^+$ , criando cargas negativas, onde cátions podem ser adsorvidos e ânions sofrem repulsão (CAMARGO, 1988).

A absorção do silício da solução do solo dá-se de forma passiva, por gramíneas, com o elemento acompanhando o fluxo de massa da água que é absorvida pelas raízes das plantas. Para cultura de arroz, a adição ao solo de produtos que contenham silício, como o termofosfato, também mostrou efeitos favoráveis. É atribuída ao silício a função de aumentar o poder oxidante das raízes, diminuindo a absorção excessiva de ferro (MALAVOLTA & FORNASIERI FILHO, 1983).

Plantas desenvolvidas em solução nutritiva contendo silício produziram mais matéria verde e mostraram sintomas menos intensos de toxidez de ferro que plantas

desenvolvidas em solução nutritiva sem silício (OKUDA & TAKAHASHI, 1964).

O excessivo acúmulo de compostos de ferro na superfície das raízes pode, segundo alguns autores, afetar a absorção de outros nutrientes, ocorrendo, então, a chamada toxidez indireta de ferro (MACHADO et al., 1988).

As escórias silicatadas apresentam baixa solubilidade em pH elevado, porém, têm valor neutralizante em solos ácidos, podendo ser utilizadas como corretivo a longo prazo (ANDERSON & BOWER, 1992).

Um dos efeitos favoráveis da escória de siderurgia para o crescimento e produção de algumas culturas é o aumento da disponibilidade de fósforo provocado pela adição de silicato ao meio (LOUSADA, 1987). No solo, os íons fosfatos e silicatos competem pelos mesmos sítios de adsorção (AMARAL SOBRINHO et al., 1993).

Objetivou-se avaliar o efeito da aplicação da escória de siderurgia nas propriedades químicas de um Latossolo Vermelho Amarelo, com alta saturação por bases, na produtividade do milho e na incidência de doenças.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na área experimental da Fazenda Nossa Senhora Aparecida, localizada no km 116 da BR 050, no município de Uberaba, MG, no período de novembro a abril de 1996.

O solo utilizado foi um Latossolo Vermelho Amarelo, A moderado, textura muito argilosa, fase cerrado tropical subcadocifólio, relevo plano (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1982) e com os atributos químicos e físicos apresentados na Tabela 1.

Cada parcela ocupou área total de 45 m<sup>2</sup>, constituindo-se de cinco linhas de milho com 10 m de comprimento. Foram

consideradas como área útil as três linhas centrais, correspondendo a 27 m<sup>2</sup>.

Os tratamentos foram compostos das seguintes doses de escórias (em kg ha<sup>-1</sup>): D<sub>0</sub>= 0; D<sub>1</sub>= 500; D<sub>2</sub>= 1000; D<sub>3</sub>= 2000; D<sub>4</sub>= 4000. A escória foi incorporada a 15 cm de profundidade, a lanço.

O produto utilizado foi escória de siderurgia de alto forno, proveniente da siderúrgica Cossisa Agroindustria Ltda., Sete Lagoas, MG, produtora de ferro-gusa. Suas propriedades químicas encontram-se na Tabela 2.

O híbrido de milho utilizado foi o BR 205 (EMBRAPA).

Adotou-se espaçamento de 0,90 m entre linhas, semeadas com sete sementes por metro linear.

Trinta dias após a semeadura, foi realizado o desbaste, deixando cinco plantas por metro linear, correspondendo a 55000 plantas por hectare.

A adubação de semeadura foi de 500 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 04-20-20 + 0,30 %Zn. A adubação de cobertura foi parcelada em duas vezes aos 15 e 45 dias após a emergência do milho.

No primeiro parcelamento, aplicaram-se 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, usando como fonte o sulfato de amônio, e no segundo parcelamento, aplicaram-se 54 kg ha<sup>-1</sup> de N e 18 kg ha<sup>-1</sup> de K, usando como fonte o sulfato de amônio e o cloreto de potássio, respectivamente.

Ressalta-se que o P foi aplicado todo no plantio.

Vinte dias após a emergência, aplicou-se superficialmente gesso, na dose de 1778 kg ha<sup>-1</sup>, com a finalidade de suprir cálcio de maneira equivalente para todos os tratamentos, já que haveria diferentes quantidades deste elemento entre os tratamentos, porque a escória apresenta cálcio na sua composição (Tabela 2).

Tabela 1 – Resultados da análise química e física de Latossolo Vermelho Amarelo (camada de 0-20 cm)

pH	P	K <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	H + Al	SB	t	T	V	m	M.O
H <sub>2</sub> O mg dm <sup>-3</sup>		-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						----%----		g kg <sup>-1</sup>		
6,6	4,4	89	0,0	38	04	19	44	40	60	80	0	43
Areia grossa = 100 g/kg							Silte = 290 g/kg					
Areia fina = 30 g/kg							Argila = 580 g/kg					

Tabela 2 – Resultados da análise química da escória <sup>(1)</sup>

CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	Mn	Fe	Na	Cu	Zn
-----%-----						-----mg/dm <sup>3</sup> -----	
25,9	5,7	39,9	0,55	1,77	0,11	22	66

<sup>(1)</sup> Análise realizada pelo laboratório do Departamento de Química (UFU), utilizando os métodos do Instituto Mineiro de Agronomia para adubos e fertilizantes.

O controle inicial de pragas foi realizado com o tratamento de sementes, utilizando-se o produto ®Semevin, na dose de 2 L/100 kg de sementes, em mistura pré-semeadura, e com aplicação do produto biológico ®Dimypel à base de 2 g/L, no início do desenvolvimento das lagartas, quando as plantas de milho apresentavam quatro folhas.

Oitenta dias após a emergência das plantas, coletaram-se cinco subamostras de solo por parcela, retiradas na camada de 0-20 cm de profundidade e homogeneizadas, obtendo-se uma amostra representativa de cada parcela. Estas amostras foram colocadas para secar ao ar e, em seguida, submetidas à análise química. O P e o K foram extraídos pelo extrator de Mehlich (HCl 0,05 N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 N), enquanto o Al<sup>+3</sup>, Ca<sup>+2</sup> e Mg<sup>+2</sup> foram extraídos com KCl 1N e determinados por titulação. O Si foi extraído com uma solução de ácido acético (0,5M) e determinado por calorimetria (COELHO et al., 1966).

Noventa dias após a emergência das plântulas, avaliou-se a incidência de plantas com os sintomas das doenças Phaeosphaeria (*Phaeosphaeria maydis*) e Helmintosporiose (*Helminthosporium sp.*), consideradas de grande importância para a região. Para a avaliação, tomou-se como base o critério de notas apresentado na Tabela 3.

A colheita foi efetuada manualmente, tomando-se apenas as três linhas centrais como área útil, deixando 1 m entre blocos como bordadura. As espigas foram despilhadas manualmente, pesadas e debulhadas, obtendo-se a umidade (a qual foi corrigida a 13% pela fórmula **U**) e o peso dos grãos de cada parcela. gida a 13% pela fórmula **U** e o peso dos grãos de cada parcela.

Fórmula **U**:

$$Pf = Pi \times \{(100 - Ui) / (100 - 13)\}$$

Pf = peso corrigido a 13%

Pi = peso do grão na colheita

Ui = umidade na colheita

Tabela 3 – Padrão de notas para a avaliação

Incidência (*)	0	1	10	20	30	40	60	80	>80
Notas	1	2	3	4	5	6	7	8	9

\* Porcentagem da folha atacada

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As doses de escória não contribuíram para ganho de produtividade de grãos de milho, como mostra a Figura 1.

A média de produção do experimento foi de 4591 kg/ha. Esta média é superior à da produtividade nacional, que é de 2355 kg/ha, segundo dados do IBGE referentes ao ano de 1994 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1994). Esta falta de resposta do silício presente na escória pode estar relacionada com a baixa absorção pelo milho, ou, até mesmo, à não absorção, podendo também o silício ter sido absorvido e não translocado, assim como a cultura do milho não ter respondido ao silício, mesmo presente no interior da planta.

Como o intuito era avaliar o desempenho da escória de siderurgia na cultura do milho, sem preocupação em empregar técnicas para melhorar suas características agrônômicas, não foi realizada a moagem.

Apesar de as doses de escória não terem aumentado a produção, verifica-se, na Figura 2, que houve incremento nas quantidades de silício no solo. Ressalta-se que o valor alto de Si do solo deste experimento, possivelmente, é explicado pela determinação do Si total.

A escória proporcionou efeito linear e positivo ( $r = 0,88^{**}$ ) sobre a disponibilidade de silício no solo. Os níveis deste elemento encontrados nesse solo são considerados muito altos, se comparados com a literatura, conforme pode ser constatado no tratamento testemunha, em que a média de silício encontrada foi de 275 mg/dm<sup>3</sup> (Figura 2). Isso deve, também,

estar relacionado ao fato de não ter sido observado efeito do silício sobre doenças e sobre produtividade.

A literatura mostra que o silício pode aumentar a disponibilidade de fósforo no solo (AMARAL SOBRINHO et al., 1993). Entretanto, conforme mostra a Tabela 4, os níveis de fósforo nos tratamentos de 1000 e 2000 kg/ha de escória, em relação aos demais, diferiram significativamente, o que pode estar relacionado com o fato de a escória liberar cargas positivas na solução do solo. Considerando este princípio, nota-se que, nos tratamentos 0 e 500 kg/ha, houve menor fixação de fósforo em relação aos tratamentos 1000 e 2000 kg/ha; já com 4000 kg/ha, o nível de fósforo voltou a crescer, provavelmente em decorrência da saturação dos sítios de troca.

Os níveis de K<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup> e Mg<sup>+2</sup> não responderam ao aumento das doses de escória. Tais resultados podem estar associados à baixa dose de escória utilizada, uma vez que AMARAL SOBRINHO et al. (1993), trabalhando com aplicação de resíduos siderúrgicos em um Latossolo, relataram terem sido adicionadas de 5,3 a 21,2 t/ha de resíduo, sendo estas doses aplicadas equivalentes a zero, um, dois, três e quatro vezes a necessidade de calcário. Com isso, há maior disponibilidade de nutrientes para as plantas, provenientes do resíduo.

A escória teve efeito sobre o aumento do valor do pH, que variou de 5,80 para 6,24, quando a dose aplicada foi de 4000 kg/ha. Por outro lado, a escória diminuiu a acidez potencial do solo, demonstrando aplicabilidade como corretivo da acidez do solo, comprovada pelos valores de V% (Tabela 5).

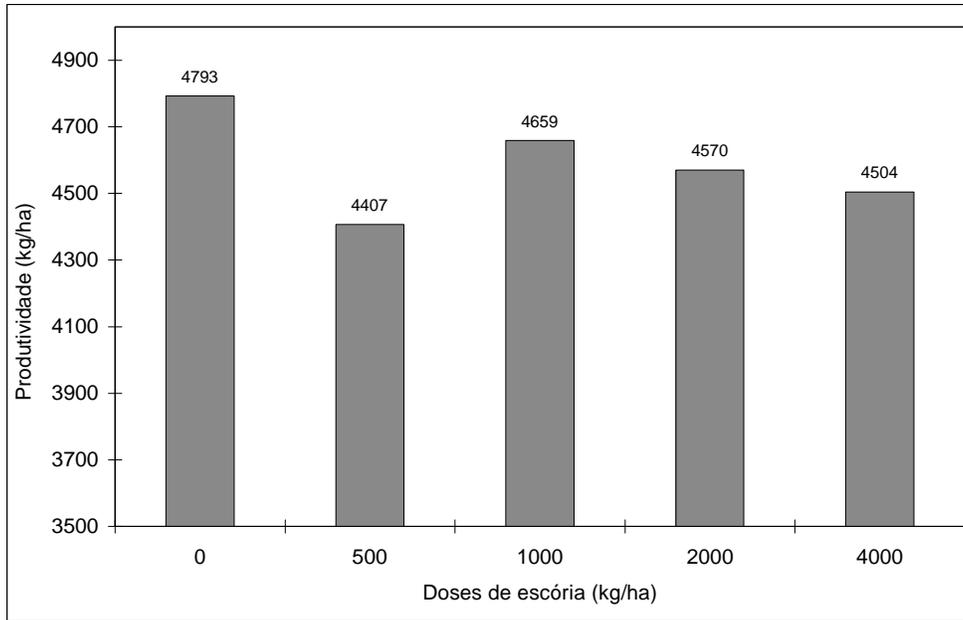


Figura 1 –Efeito da aplicação de doses de uma escória de siderurgia sobre a produtividade de milho cultivado em Latossolo Vermelho Amarelo

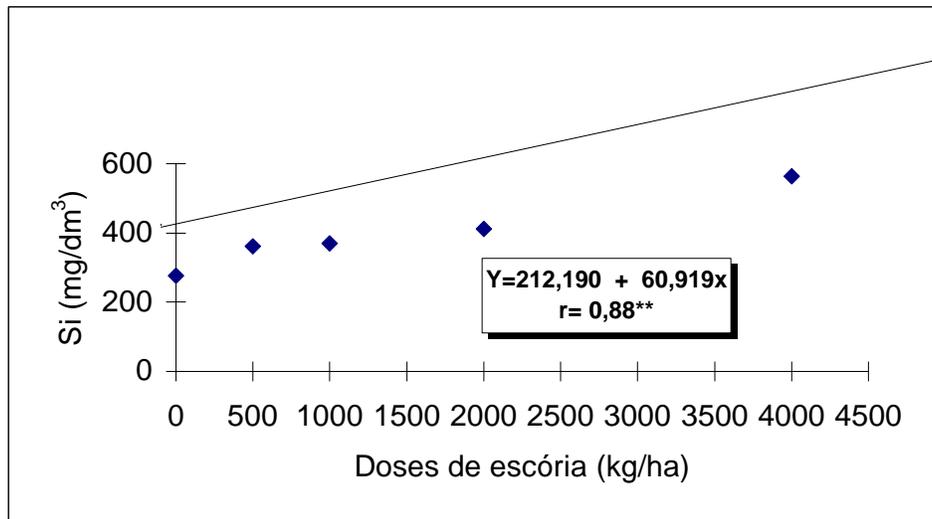


Figura 2 –Correlação entre doses de escória e Si (mg/dm<sup>3</sup>) no solo

Tabela 4 – Efeito da escória sobre as concentrações de P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup> e Mg<sup>+2</sup> trocáveis no solo

<b>Doses de escória</b> kg/ha	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>
	-----mg/dm <sup>3</sup> -----	-----	-----mmol/dm <sup>3</sup> -----	-----
0	5,4 a	48 a	45 a	6 a
500	5,5 a	51 a	55 a	5 a
1000	4,1 b	46 a	47 a	7 a
2000	4,1 b	47 a	46 a	7 a
4000	5,2 ab	54 a	45 a	6 a
C.V. (%)	13,86	19,83	1,56	26,07
DMS	1,30	18,84	1,15	0,30

Análises realizadas 100 dias após a aplicação da escória. P, K (HCl 0,05 N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 N): Ca, Mg (KCl 1N).

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Tabela 5 – Efeito de escória sobre as propriedades químicas do solo relacionados com a acidez

<b>Doses de escória</b> kg/ha	pH	Al	H+Al	V
	(1:2,5)	-----mmol/dm <sup>3</sup> -----		%
0	5,80 b	0	20 a	73
500	6,10 a	0	18 c	77
1000	6,08 ab	0	19 b	74
2000	6,14 a	0	15 c	78
4000	6,24 a	0	17 d	76
C.V.(%)	2,42		6,16	
D.M.S.	0,28		0,21	

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

A escória não teve efeito sobre as doenças Helminthosporiose e Phaeosphaeria (Figura 3). A falta de resposta pode estar associada à baixa quantidade de inóculo presente no local do experimento, como também, aos teores de silício no solo. Este fato pode ser comprovado pelos valores das notas de severidade que, em média, foram 4,8 e 2,5 para Phaeosphaeria e Helminthosporiose respectivamente. Estas

médias são inferiores às obtidas por AZEVEDO & LEITE (1996), para milho cultivado na mesma época.

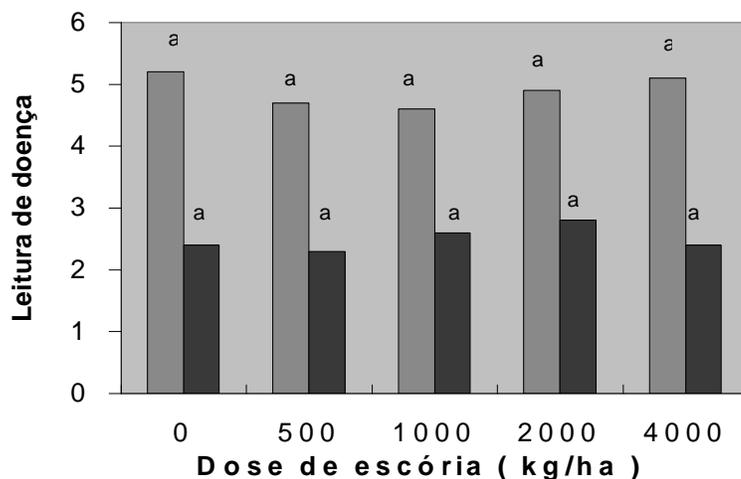


Figura 3 – Notas de severidade das doenças de Phaeosphaeria e Helminthosporiose (letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade)

## CONCLUSÕES

A escória de siderurgia aplicada na dose de até 4000 kg/ha não aumentou a produtividade do milho.

A escória não aumentou a disponibilidade de fósforo, potássio, cálcio e magnésio no solo, porém tendeu a reduzir a acidez do solo, mas foi uma fonte supridora de silício ao solo.

O silício presente na escória não diminuiu a incidência de doenças (Phaeosphaeria e Helminthosporiose) na cultura do milho.

## REFERÊNCIAS

AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; COSTA, L. M.; DIAS, A.; BARROS, N. F. Aplicação de resíduo siderúrgico em Latossolo: efeitos na correção do solo e na disponibilidade de nutrientes e metais pesados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17 p.229-304, 1993.

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

AZEVEDO, L. A. S.; LEITE, O. M. C. **Manual de quantificação de doenças de plantas**. São Paulo: Ciba Agro, 1996. 73p.

BRADY, N. C. **The nature and properties of soils**. 10.ed. New York: Macmillan Publications, 1992. 485p.

CAMARGO, O. A. Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 17., 1988, Londrina. **Anais...** Londrina: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988. p.102-106.

COELHO, M. M. M.; KORNDORFER, G. H.; MIZUTANI, C. T. Avaliação de métodos de extração do silício solúvel em solos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22, 1966, Manaus. **Anais...** Manaus: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1966. p.532-533.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão**

**agrícola das terras do Triângulo Mineiro.** Rio de Janeiro, 1982. 526p. (Boletim de Pesquisa, 1).

FIRME, D. J. **Enriquecimento e fusão de escória de siderurgia com fosfato natural.** 54f. 1986. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola.** Rio de Janeiro, v.6, n.12, p.1-71, 1994.

LOUSADA, P. T. C. **Eficiência de uma escória de siderurgia como corretivo e fertilizante do solo.** 1987. 52f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1987.

MACHADO, M. O.; VIANA, A. C. T.; CASALINHO, H. D. Identificação de genótipos de arroz irrigado tolerantes à toxidez por ferro. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 17, 1988, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA - CEPAIB, 1988. p.178-180.

MALAVOLTA, E.; FORNASIERI FILHO, D. Nutrição mineral da cultura do arroz. In: FERREIRA, M. E.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E. (Ed.). **Cultura do arroz de sequeiro.** Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato e Instituto Internacional da Potassa, 1983. p.95-140.

OKUDA, A.; TAKAHASHI, E. The role of silicon. In: SIMPOSIUM AT THE INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE, 1, 1964, Maryland. **Proceedings...** Maryland: The John Hopkins Press, 1964. p.123-146.

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

RAIJ, B. van; CAMARGO, O. A. A “sílica disponível” em solos. **Bragantia**, Campinas, v.32, p.223-236, 1973.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.