

# Micronutrientes no Solo: Escória Siderúrgica Aplicada no Solo Cultivado com Cana-de-Açúcar

LÚCIO BASTOS MADEIROS<sup>(1)</sup>, ANDREIA DE OLIVEIRA VIEIRA<sup>(2)</sup>, JOSÉ MARCÍLIO DA SILVA<sup>(3)</sup>, NAPOLEÃO ESBERARD DE MACÊDO BELTRÃO<sup>(4)</sup> & BOANERGES FREIRE DE AQUINO<sup>(5)</sup>

**RESUMO** - Objetivou-se avaliar a influência da escória siderúrgica sobre a disponibilidade dos micronutrientes zinco (Zn), cobre (Cu), ferro (Fe) e manganês (Mn) de um dos solos mais representativos do Ceará em que se cultiva cana-de-açúcar, ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO. O experimento foi instalado em casa de vegetação. Para execução do mesmo foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial (5x2) com cinco doses de escória siderúrgica: 0; 2,5; 5,0; 10,0 e 15,0 g por vaso na forma de escória siderúrgica, duas cultivares de cana-de-açúcar e quatro repetições. A escória siderúrgica utilizada contém 11% de SiO<sub>2</sub> solúvel. Avaliaram-se as concentrações de micronutrientes (Zn, Cu, Fe e Mn) no solo. Conclui-se que a aplicação de escória siderúrgica no solo aumentou a concentração de Zn, Cu e Mn do solo.

**Palavras-Chave:** escória siderúrgica. Micronutrientes. cana-de-açúcar.

## INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é considerada uma cultura muito exigente em nutrientes e, com isso, faz-se necessário grandes quantidades de adubos a se aplicar após seguidas colheitas. Acredita-se que, além dos elementos essenciais, outros poderão ser benefícios de tal forma que possa redundar em aumentos significativos de produção como é o caso do silício.

Em algumas regiões, o elemento silício pode estar limitando a produção e a sustentabilidade da agricultura. O manejo intensivo e a monocultura da cana-de-açúcar são sistemas que podem levar rapidamente ao esgotamento do silício disponível no solo e, em consequência, reduzir a sustentabilidade da lavoura (JUO; SANCHEZ, [1]; FOY, [2]).

Segundo Louzada [3], cita ainda que algumas escórias, pelos seus altos teores de silício e micronutrientes, poderiam substituir o FTE (micronutrientes aplicados na forma de óxidos silicatados), com a vantagem de liberar mais rapidamente o silício, por isso o objetivo de avaliar a influência da escória siderúrgica sobre a disponibilidade de micronutrientes em um solo ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO cultivado

com cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*), em casa de vegetação.

## Material e Métodos

### A. O Local

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na EMBRAPA Agroindústria Tropical, Fortaleza, Ceará. Utilizou-se amostra superficial (0-20 cm) de um ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO de textura média (EMBRAPA, [4]), com baixo teor de silício.

### B. Condução do experimento

Durante a condução do experimento foram realizadas duas adubações: uma de fundação com 12,5 g por vaso de Sulfato de Amônio por vaso, 7,5 g de Superfosfato Simples por vaso, 2,4 g de Cloreto de Potássio por vaso, 40,0 mg de Sulfato de Zinco por vaso, 12,5 mg de Sulfato de Cobre por vaso, 62,5 mg de Sulfato de Manganês por vaso, e 2,5 mg de Molibdato de Sódio por vaso e uma adubação de cobertura (após quarenta e cinco dias de brotação da cana-de-açúcar) com 6,25 g de Sulfato de Amônio por vaso e 1,2 g de Cloreto de Potássio por vaso.

Os rebolos de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), cv. RB72454 e SP791011, com uma gema cada, foram cedidos pelo Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar (PMGCA) da Universidade Federal de Alagoas – Centro de Ciências Agrárias – Rio Largo/AL, e foram semeados em vasos plásticos contendo 10 Kg de solo.

A fonte de silício utilizada foi uma escória de siderúrgica do Estado de Minas Gerais, com a seguinte composição: SiO<sub>2</sub>, CaO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; K<sub>2</sub>O; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; S-SO<sub>3</sub> e MnO com 23,0; 47,7; 0,42; 0,19; 11; 0,37 e 1,8 dag kg<sup>-1</sup>, respectivamente, e Mo, Ni, Cd, Pb, Cr e Zn com 0,4; 1,0; 0,05; 0,09; 0,5 e 0,13 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente; pH = 9,8.

A escória foi escolhida como fonte de silício por já ter sido utilizada em vários outros trabalhos científicos (KORNDÖRFER et al, [5]; FARIA [6]; RODRIGUES, [7]) e por ser bastante pura, isto é, com baixos teores de metais contaminantes, o que facilita e diminui a interferência destes nos resultados experimentais.

As escórias também são consideradas como uma referência de eficiência, servindo, inclusive, para

<sup>(1)</sup>Prof<sup>o</sup> Dr. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO), Campus Araguatins. Fone: (63) 8831-3906. E-mail: [lucioagron@gmail.com](mailto:lucioagron@gmail.com)

<sup>(2)</sup> Eng<sup>a</sup> Agrônoma, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso (IFMT), Campus Campo Novo do Parecis. Fone: (65) 9904-4962. E-mail: [andreaagronomia@hotmail.com](mailto:andreaagronomia@hotmail.com)

<sup>(3)</sup> Prof<sup>o</sup> MSc. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), Campus Barreiros, Fazenda Sapé S/N, Zona Rural, Barreiros, PE, CEP 55560-000. E-mail: [marcilhocilo@yahoo.com.br](mailto:marcilhocilo@yahoo.com.br)

<sup>(4)</sup> Prof<sup>o</sup> PhD. EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Algodão/Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campina Grande-PB.

<sup>(5)</sup> Prof<sup>o</sup> PhD. Departamento de Ciências do Solo, Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici, Fortaleza-CE.

comparação com outras fontes de silicatos e como uma das saídas de se utilizar esse subproduto das siderúrgicas.

As plantas foram irrigadas diariamente, pela reposição de uma quantidade de água suficiente para manter o solo em aproximadamente 90 % da sua capacidade de campo. Após 90 dias de brotação das gemas, as plantas foram colhidas para as análises posteriores.

### C. Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizados com duas cultivares (RB72454, SP791011) submetidas a cinco diferentes níveis de silício (0; 2,5; 5,0; 10,0 e 15,0 g de escória por vaso de 10 kg), com quatro repetições por tratamento.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade (GOMES, [8]) e as variáveis analisadas através do programa estatístico SAS.

Em seguida, efetuaram-se as regressões polinomiais das variáveis que se mostraram necessárias. Na escolha do tipo de regressão levou-se em conta as seguintes observações: valor do coeficiente de determinação, significância dos coeficientes da regressão (até 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey) e significado biológico do modelo.

### D. Variáveis estudadas

#### Análise do solo

##### Concentração de micronutrientes

Foram feitas duas amostragens de solo, sendo uma logo após a coleta de campo e outra ao final do experimento (após noventa dias de brotação e desenvolvimento das cultivares). Retirou-se uma quantidade de 100 g de solo por vaso, as quais foram postas para secar em estufa à temperatura de 45°C até peso constante e depois, analisado.

Após a coleta das plantas, recolheu-se amostra de solos para análises químicas dos seguintes nutrientes: silício (Si), zinco (Zn); cobre (Cu); ferro (Fe) e manganês (Mn) no Laboratório de Análise de Solos da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza. As análises químicas dos micronutrientes foram realizadas seguindo a metodologia adotada pela EMBRAPA [1,9], com três replicatas e os resultados expressos pela média aritmética.

## Resultados

### Concentrações de micronutrientes

Na análise de variância, Tabela (1), observa-se que a aplicação de escória teve um efeito positivo sobre as concentrações de micronutrientes (zinco, cobre, manganês) no solo, que são nutrientes que tem a absorção pelas plantas relacionada com a eficiência de utilização e absorção de cada cultivar, conforme

Madeiras et al [10], observaram no estudo das cultivares RB72454 e SP791011.

Quando se avaliou o efeito da interação entre os tratamentos e cultivares, Tabela (1), verificou-se que não houve efeito significativo, o que demonstra que a aplicação de escória siderúrgica apresentou efeito positivo quando se avaliou cada variação isoladamente.

Na Tabela (2), o conjunto geral das médias indicou que não houve variação na concentração de micronutrientes (Fe, Cu, Zn) no solo das cultivares analisadas, apenas o micronutriente Mn apresentou variação de concentração do solo da cultivar RB.

No entanto ao comparar as médias de micronutrientes das cultivares estudadas Tabela (2), verificou-se que a concentração do ferro foi superior na cultivar SP.

Pode se observar que a concentração de cobre aumentou 0.62 mg kg<sup>-1</sup> no solo da cultivar RB quando se aplicou 1650 g. de SiO<sub>2</sub> em relação a nenhuma adição de escória de siderúrgica, na cultivar SP quando se aplicou a mesma quantidade de SiO<sub>2</sub> aumentou a concentração de cobre em 0,47 mg kg<sup>-1</sup> em relação à testemunha.

## Conclusões

A escória siderúrgica aplicada no solo interfere (aumenta) muito pouco nos teores extraídos dos micronutrientes zinco, cobre e manganês no solo.

A aplicação de escória siderúrgica diferiu a concentração de ferro no solo das cultivares SP e RB.

## Referências

- [1] JUO, A. S. R.; SANCHEZ, P. A. Soil nutritional aspects with a view to characterize upland rice environment. p. 81-94. In: **Upland Rice Res., International Rice Research Institute**, Los Baños, Laguna, Philippines. 1986.
- [2] FOY, C. D. Soil chemical factors limiting plant root growth. **Advances in Soil Science**. New York, v. 19, p. 97-149, 1992.
- [3] LOUZADA, P.T.C. **Eficiência de uma escória de siderurgia como corretivo e fertilizante do solo**. 52 p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1987.
- [4] EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 212 p. 1999.
- [5] 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 Ciência do Solo**. v. 23, n. 1, p. 101-106, jan./mar. 1999.
- [6] FARIA, R, J. **Influência do silicato de cálcio na tolerância do arroz de sequeiro ao déficit hídrico do solo**. 47p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.
- [7] RODRIGUES, F. A. **Fertilização silicatada na severidade da queima das bainhas (*Rhizoctonia solani* Kühn) do arroz**. 47 p. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.
- [8] GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 14 ed. Piracicaba, 2000, 477p.
- [9] EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 212 p. 1999.
- [10] MADEIROS, L. B.; AQUINO, B. F.; SANTOS NETO, A. L.; PASSOS, A. M. A dos.; SILVA, J. M.da. Influência do silicato nas concentrações foliares de nutrientes em cultivares de cana-de-açúcar. **STAB**. v.26, n. 5, p. 49, 2008.

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância da concentração de micronutrientes (Zn, Cu, Fe e Mn) no solo

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Zn	Cu	Fe	Mn
Tratamentos	4	0,132**	0,5635**	3,907 <sup>ns</sup>	45,268**
cultivares	1	0,012 <sup>ns</sup>	0,272 <sup>ns</sup>	75,900**	13,340 <sup>ns</sup>
Tratamentos X cultivares	4	0,035 <sup>ns</sup>	0,049 <sup>ns</sup>	2,676 <sup>ns</sup>	4,644 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	0,031	0,1206	3,653	6,44
CV(%)		20,10	18,45	5,83	8,32

\*/\*\* F significativo aos níveis de 5 e 1%, respectivamente. ns=não significativo

Tratamentos – cinco doses de adubações com fonte de silício (0,0; 2,5; 5,0; 10,0 e 15,0 g escória por vaso); cultivares – Duas cultivares de cana-de-açúcar (RB72454 e SP791011)

**Tabela 2.** Médias das concentrações de micronutrientes (Zn, Cu, Fe e Mn) no solo ao término do experimento

Cultivar	Tratamentos (g escória vaso)	Zn	Cu	mg kg <sup>-1</sup>	
				Fe	Mn
Solo com a variedade RB	0,000	0,85a	1,48a	32,30a	30,88ab
	2,5	0,80a	1,50a	30,50a	30,28ab
	5,0	0,83a	1,78a	30,73a	26,83b
	10,0	1,18a	2,15a	32,93a	33,95a
	15,0	0,80a	2,10a	30,53a	33,58a
	Média		0,89A	1,97A	31,40B
Solo com a variedade SP	0,000	0,70a	1,83a	34,80a	27,63a
	2,5	0,75a	1,75a	34,48a	28,03a
	5,0	0,93a	1,90a	33,23a	30,35a
	10,0	1,00a	2,33a	34,25a	32,05a
	15,0	0,90a	2,03a	34,00a	31,68a
	Média		0,86A	1,80A	34,15A

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula entre variedades não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade