

EFEITO DA SUBSTITUIÇÃO DO CARBONATO DE CÁLCIO POR ESCÓRIA DE SIDERURGIA (AGROSILÍCIO) NO CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E NUTRIÇÃO MINERAL DA SOJA

Ana Luísa Machado Pinto (*), Paulo Roberto Andrade de Paula, Francisco de Assis Braga, Adélia Aziz A. Pozza

* Universidade Federal de Viçosa, Câmpus de Florestal Minas Gerais, Brasil (e-mail - analuisam-p@hotmail.com)

RESUMO

A agricultura procura por metodologias técnicas e ambientalmente mais eficazes além do baixo custo para o cultivo das plantas. Exemplo disso é o uso do silicato de cálcio (CaSiO_3) originário da escória de siderurgia e aplicado no cultivo da soja. Ele atua como fertilizante e corretivo de solo, desempenha papel importante nas relações solo-planta e na produtividade daquela cultura. Diante disso foi implantado um experimento com cinco níveis de substituição (0, 25, 50, 75 e 100 %) do carbonato de cálcio por escória de siderurgia (agrosilício), mantendo-se o mesmo conteúdo de CaO adicionado ao solo, suficiente para elevar a saturação por bases a 60 %. Os tratamentos foram arrançados em delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições, totalizando 20 parcelas amostrais com duas plantas de soja por vaso da variedade M7211 RR Monsoy. Com o objetivo de avaliar o crescimento, a produção e a nutrição mineral da soja em resposta à substituição do carbonato de cálcio por escória de siderurgia (agrosilício) na correção do solo, evitando a contaminação ambiental por esse resíduo. A adubação de plantio, contendo macro e micronutrientes, sem N, foi adicionada ao substrato de preenchimento dos vasos. Foram semeadas cinco sementes de soja inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* por vaso, com a capacidade para cinco quilos. Após a emergência, foi feito desbaste, deixando-se duas plantas/vaso. A aplicação do agrosilício promoveu maior crescimento e produção de grãos de soja, reduzindo os teores de N, Mg, Cu, Mn e Zn e elevando os teores de Ca, P e K nas plantas, não afetando significativamente os níveis de S, B e Fe.

PALAVRAS-CHAVE: corretivo de solo, interação nutricional, adubação de plantas.

INTRODUÇÃO

A agricultura é a união de técnicas aplicadas no solo para o cultivo de vegetais destinados à alimentação humana e animal, produção de matérias-primas e ornamentação. É uma atividade produtiva de grande importância para o homem, pois é a partir dela que se tem o sustento da população humana. Existem três fatores ligados à produção agrícola: o fator físico, como o solo e o clima; o fator humano, que corresponde à mão de obra em seu desenvolvimento; e o fator econômico, que se refere ao valor da terra e ao nível de tecnologia aplicada na produção (VARGAS, 2013). Assim, tem-se procurado métodos mais eficazes e baratos para o cultivo, propiciando pesquisas e o surgimento de novas técnicas e materiais para plantio.

No Brasil, a soja ganhou espaço significativo a partir de meados dos anos de 1950. O interesse inicial era para utilizá-la como forrageira e na rotação de culturas. Entretanto, com a sua implantação no estado do Rio Grande do Sul, a partir da modernização agrícola, surgiram condições para o desenvolvimento da cultura no país, destacando-se a partir de 1970. Em 2012/2013, a safra de soja superou os 82 milhões de toneladas e pela primeira vez na história a produção brasileira se aproxima da produção norte-americana.

Segundo a Conab (2014), a previsão para a safra brasileira de soja na temporada 2013/14 é de que a área plantada com essa cultura cresça para 30 milhões de hectares, produzindo aproximadamente 87 milhões de toneladas de soja. Corroborando com a opção do produtor brasileiro em plantar soja, a qual tem apresentado bons preços no momento da comercialização (VARGAS, 2013) e se conseguirem redução nos custos de produção, maiores serão os lucros.

De acordo com o Instituto Aço Brasil (2012) considerando-se apenas as empresas associadas ao instituto, são geradas anualmente 20 milhões de toneladas de escória, representando 600 kg de escória por tonelada de aço produzido. O processo de beneficiamento e aproveitamento da escória é benéfico para o meio ambiente, pois reduz drasticamente o pátio de resíduos da siderurgia. Além de recuperar metais perdidos durante a produção do aço, transforma a escória em fertilizante e/ou corretivo de solo.

Dessa forma, a escória apresenta potencial para utilização na agricultura, em termos de sua disponibilidade no mercado, além de contribuir para a reciclagem dos subprodutos oriundos da atividade siderurgia.

A escória de siderurgia tem sido empregada no cultivo da soja com resultados satisfatórios (LIMA FILHO, 2005). A soja é uma das principais culturas do agronegócio brasileiro, com grande importância econômica nas exportações de grãos e seus derivados (ANTUNES et al., 2012).

O motivo para a soja brasileira ter alcançado a norte-americana é aumento na produtividade e o incremento da área plantada com soja no Brasil. Em 1978, a produtividade de soja no Mato Grosso era de 1300 kg/ha, enquanto uma lavoura no estado de Illinois nos Estados Unidos já alcançava os 2500 kg/ha. Atualmente a produtividade brasileira se assemelha à norte-americana e os dois países tem a produtividade aproximadas 3000 kg/ha. A implementação de novas tecnologias permitiu maiores elevações na produtividade (VARGAS, 2013).

Diante disso, o uso do agrosilício de escória de siderurgia como insumo agrícola no cultivo da soja no Brasil mostra-se como uma alternativa do ponto de vista ambiental e agrônomo.

OBJETIVO DO TRABALHO

Avaliar o crescimento, a produção e a nutrição mineral da soja em resposta à substituição do carbonato de cálcio por escória de siderurgia (agrosilício) na correção do solo.

METODOLOGIA UTILIZADA

Foi instalado experimento em casa de vegetação no município de Florestal-MG, coordenadas geográficas 19°53'20"S e 44°25'58"W, altitude entre 684 e 1158 m e clima do tipo Aw (Clima tropical com inverno seco). Os tratamentos consistiram de cinco níveis de substituição (0, 25, 50, 75 e 100 %) do carbonato de cálcio por escória de siderurgia (agrosilício), mantendo-se o mesmo conteúdo de CaO adicionado ao solo, suficiente para elevar a saturação por bases a 60 % (Tabela 1), conforme proposto por Souza et al. (2008). Os tratamentos foram arrançados em delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições, totalizando 20 parcelas amostrais com duas plantas de soja por vaso da variedade M7211 RR Monsoy.

Tabela 1- Disposição dos tratamentos constituídos de cinco níveis (0, 25, 50, 75 e 100 %) de substituição do carbonato de cálcio por escória de siderurgia (agrosilício).

Tratamentos	CaCO ₃ %	Agrosilício %	g.kg ⁻¹ solo
1	100	0	0
2	75	25	0,08
3	50	50	0,16
4	25	75	0,24
5	0	100	0,32

O material de solo, retirado do horizonte B de Latossolo Vermelho distrófico textura argilosa foi misturado a 30% de areia lavada de construção e adicionadas as doses de carbonato de cálcio ou de agrosilício, conforme a cada tratamento, sendo colocados 5 kg desse substrato por vaso. A adubação de plantio seguiu a recomendação de Malavolta e Muraoka (1985) para experimentos em casa-de-vegetação, excluindo-se o nitrogênio, pois as sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*, utilizando o inoculante Nital®.

Avaliou-se a altura e o número de folhas por planta durante nove semanas e, ao final, a produção de grãos por vaso. Os dados de crescimento em altura e número de folhas foram integralizados ao longo do tempo, obtendo-se a área abaixo da curva de progresso (AACP) para todo o período amostral por vaso. Após as nove semanas, as plantas foram colhidas, lavadas, secas em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C e trituradas em moinho para determinação dos teores de

N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn na matéria seca da parte aérea, seguindo as metodologias descritas por Malavolta *et al.* (1997).

Os dados de crescimento em altura, número de folhas, produção de grãos e nutrição mineral das plantas foram submetidos à análise de variância, sendo o efeito dos tratamentos avaliado pelo teste F ($P < 0,05$). As variáveis com efeito estatisticamente significativo foram submetidas à análise de regressão e ajustados modelos matemáticos.

RESULTADOS OBTIDOS

A aplicação de agrosilício ao solo em substituição ao carbonato de cálcio apresentou efeito significativo no crescimento e na nutrição das plantas de soja (Figuras 1 a 3). Considerando o ponto de máximo crescimento das plantas, obtêm-se uma dose entre 0,22 e 0,24 g de agrosilício.kg⁻¹ de solo, equivalente a substituição de 75% do carbonato de cálcio por agrosilício, ou a dose entre 440 a 480 kg. ha⁻¹, considerando-se uma camada de 20 cm e a densidade do solo de 1 kg. dm⁻³. Freitag (2008) também observou maior crescimento de plantas de soja com a aplicação de escória, atingindo a dose ideal em 2000 kg. ha⁻¹. No campo, com 11 doses de silício, Pereira Jr. et al. (2010) também observaram aumento na altura de plantas de soja com o suprimento de silício em Cambissolo de média a alta fertilidade natural. Entretanto esse aumento não refletiu em produção de grãos como ocorreu no presente trabalho, talvez devido ao alto teor de nutrientes no solo, mascarando o efeito do silício.

Em termos ambientais, o uso da escória na agricultura cria uma opção para a destinação adequada desse resíduo industrial e evita a emissão de carbono na atmosfera, devido a troca das bases químicas CO₃²⁻ dos carbonatos (calcários) por SiO₃²⁻ dos silicatos de Ca e Mg (escórias) (ALCARDE, 2005). A aplicação de silicatos ao solo pode promover incrementos na capacidade de troca de cátions, favorecer a disponibilização de ânions, especialmente o H₂PO₄ (POZZA et al., 2007), elevar o pH, amenizar a toxidez de Al e, de maneira geral, incrementar a disponibilidade de nutrientes para as plantas, apresentando, porém, uma eficiência agrônômica inferior em comparação aos carbonatos (SOUZA et al., 2008).

Em termos da nutrição mineral, a substituição do carbonato de cálcio por agrosilício promoveu redução nos teores de N, Mg, Cu, Mn e Zn (Figuras 4 a 8); elevação nos teores de Ca, P e K (Figuras 9 a 11), mas não afetou significativamente os nutrientes S, B e Fe nas plantas de soja. Resultados semelhantes para os macronutrientes, utilizando escória, foram relatados por Prezotti & Martins (2012) e para os micronutrientes por Madeiros et al. (2009). No estudo dos atributos químicos de solo, influenciados pela substituição do silicato por carbonato de cálcio em 4 tipos de solo, Souza et al. (2008) observaram que a maior inclusão de silicato comparada ao carbonato proporcionou redução na disponibilidade de Zn em Neossolo Quartzarênico.

Os teores dos nutrientes avaliados nas plantas de soja apresentaram níveis considerados adequados, segundo Martinez *et al.* (1999), exceto para os de N, que apresentaram-se abaixo do nível considerado ideal de N (45 g.kg⁻¹), independente das doses de agrosilício. Como na adubação do substrato foi suprimido este nutriente, subentende-se que houve falha na inoculação de *Bradyrhizobium japonicum*, pois, todos os teores obtidos nesse experimento se encontravam abaixo de 25 g.kg⁻¹. Entretanto de alguma forma houve compensação dessa deficiência de N pois, o comportamento dos fatores de produção, como número de folhas, altura da planta e peso dos grãos, foi crescente com a adição de agrosilício.

O fornecimento de Si eleva o teor de NO₃⁻ nas raízes (POZZA et al., 2007), a síntese de clorofila na folha e o número de panículas em plantas de arroz, especialmente em doses elevadas de nitrogênio (ÁVILA, et al., 2010). Além disso, segundo Ávila et al. (2010), o Si proporciona plantas mais eretas, aumenta a resistência mecânica das células e das plantas a insetos e patógenos, diminui o efeito tóxico do B, Mn, Fe e outros metais pesados e aumenta a absorção de nutrientes.

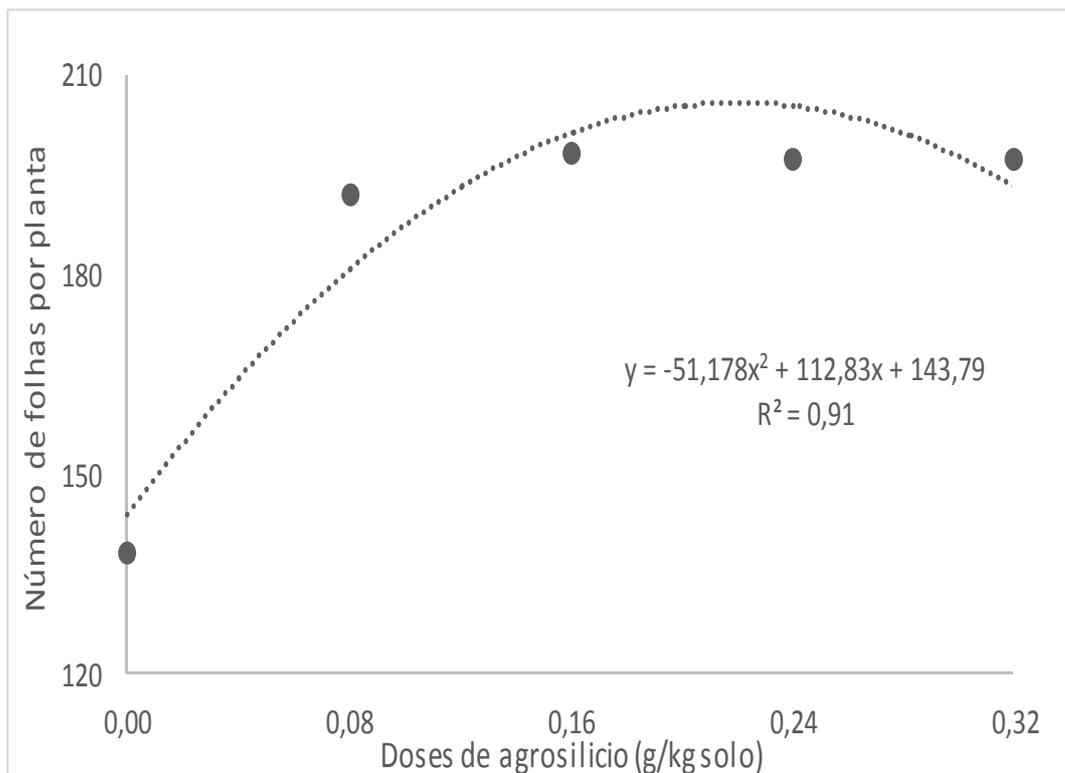


Figura 1 – Área abaixo da curva do número de folhas das plantas de soja em função das doses de agrosilício.

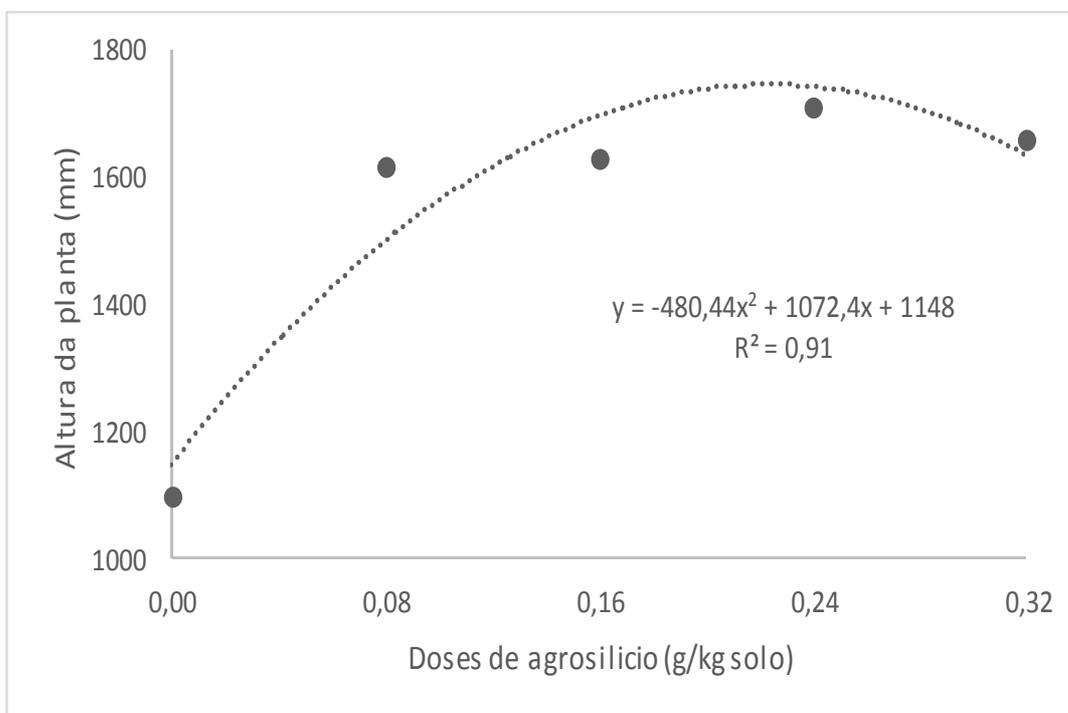


Figura 2 – Área abaixo da curva de crescimento em altura das plantas de soja em função das doses de agrosilício.

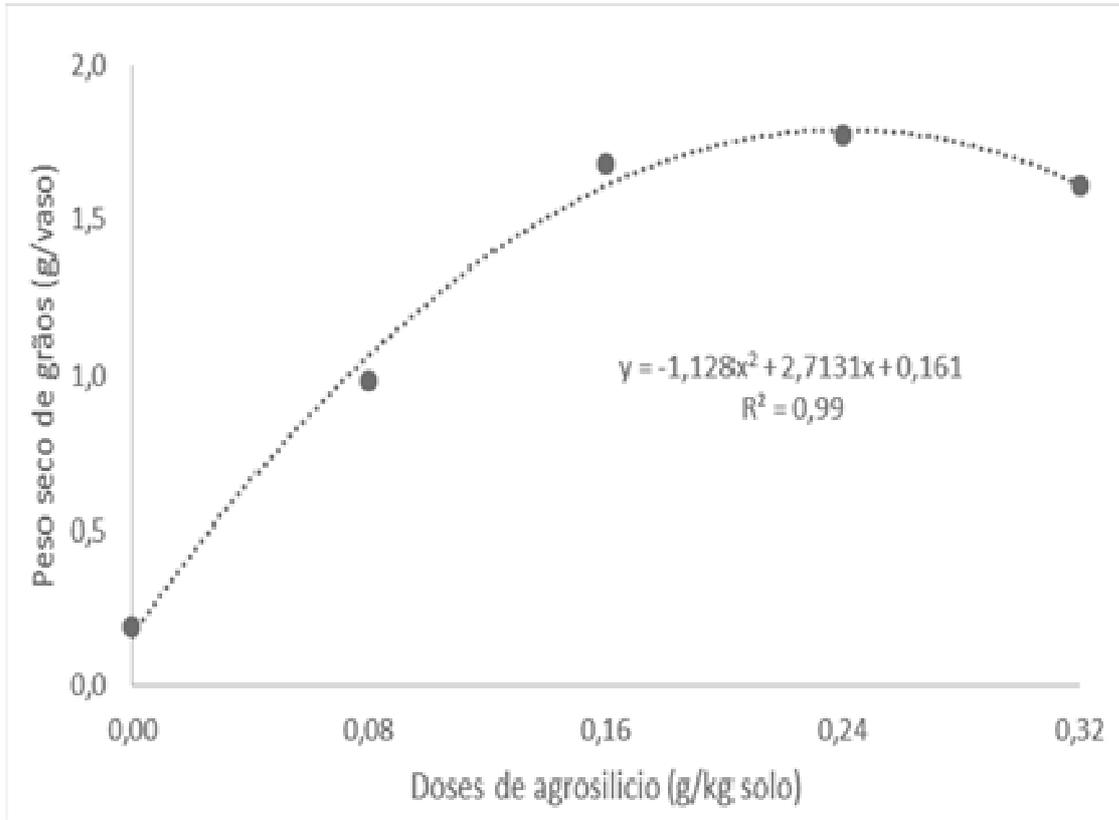


Figura 3 – Peso dos grãos de soja em função das doses de agrosilício

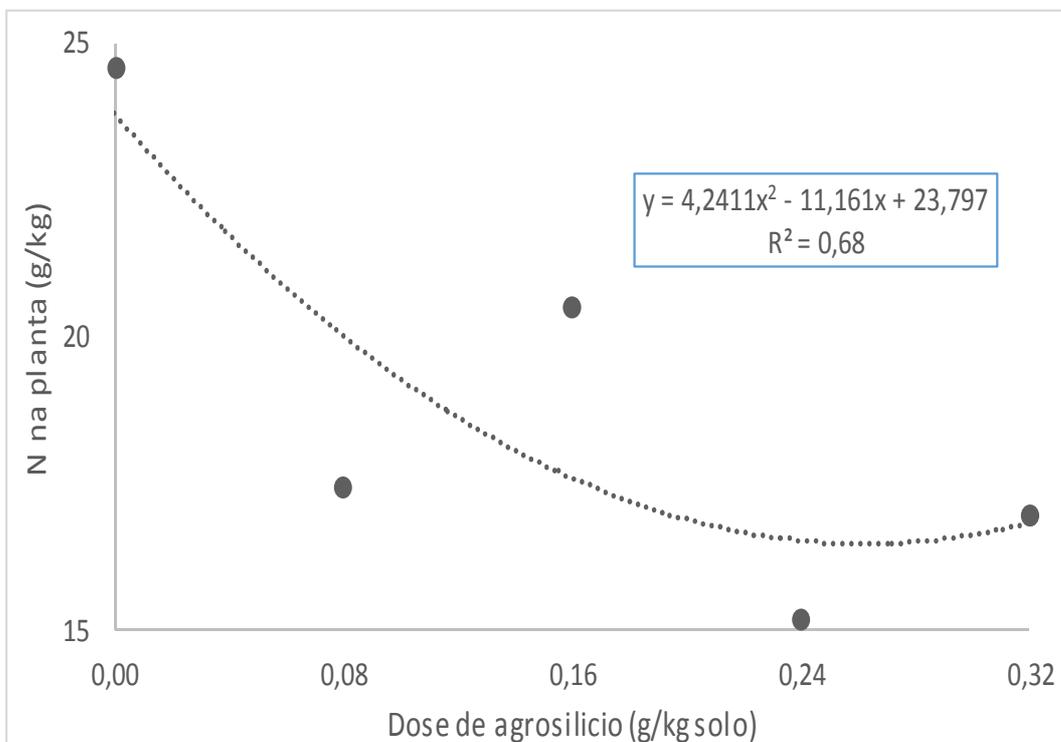


Figura 4 – Teores de N em plantas de soja em função das doses de agrosilício.

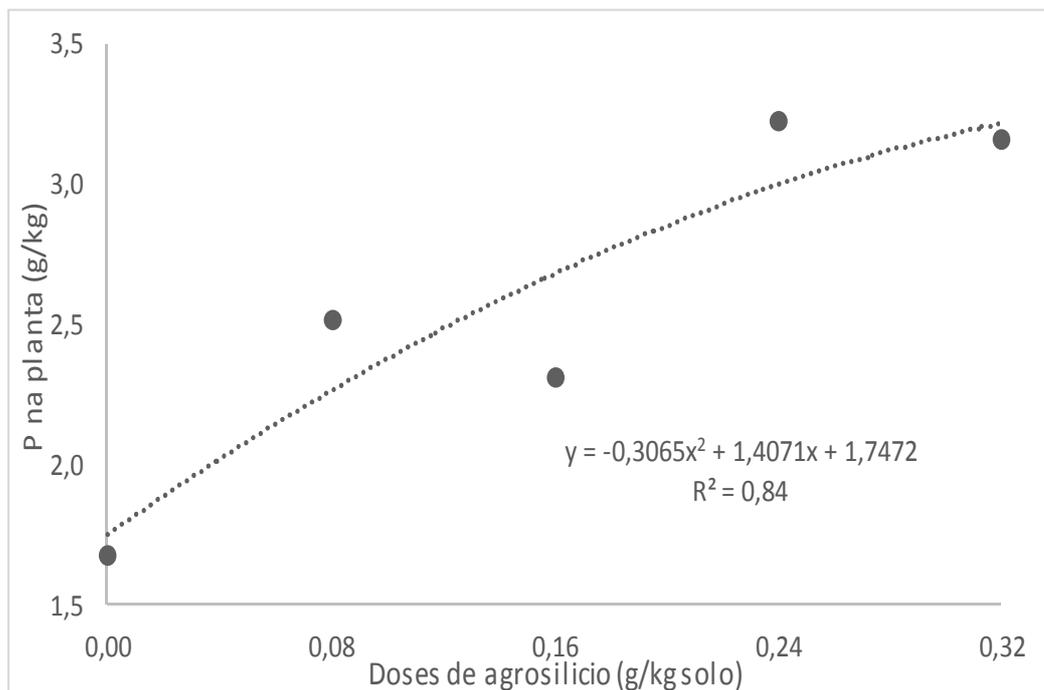


Figura 5 – Teores de P em plantas de soja em função das doses de agrosilício.

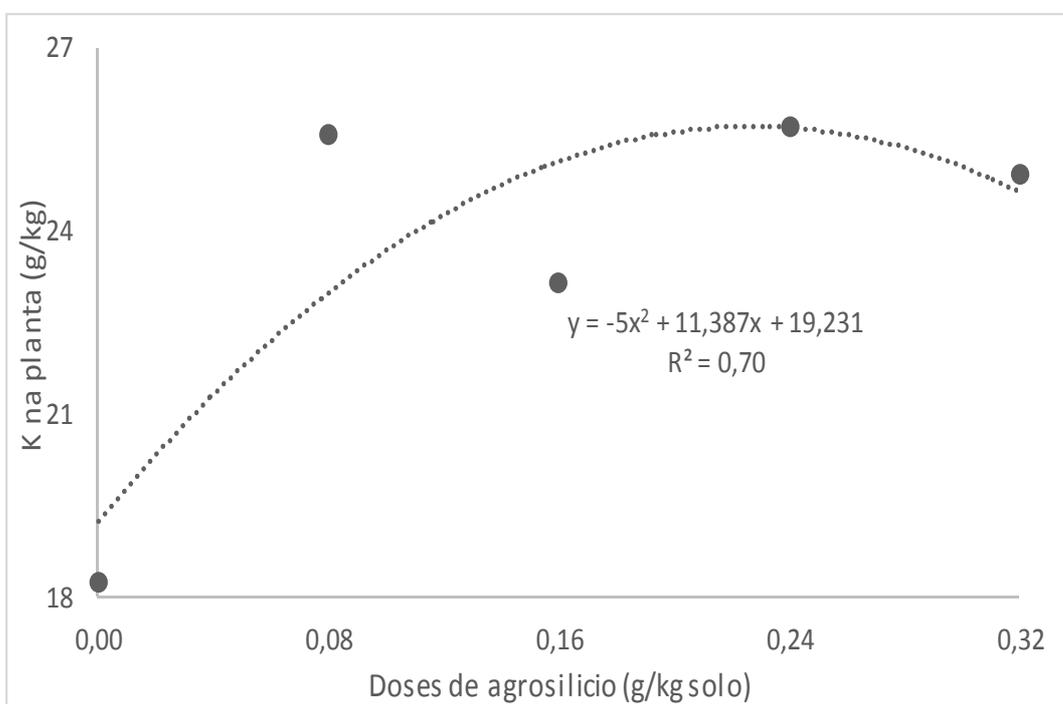


Figura 6 – Teores de K em plantas de soja em função das doses de agrosilício

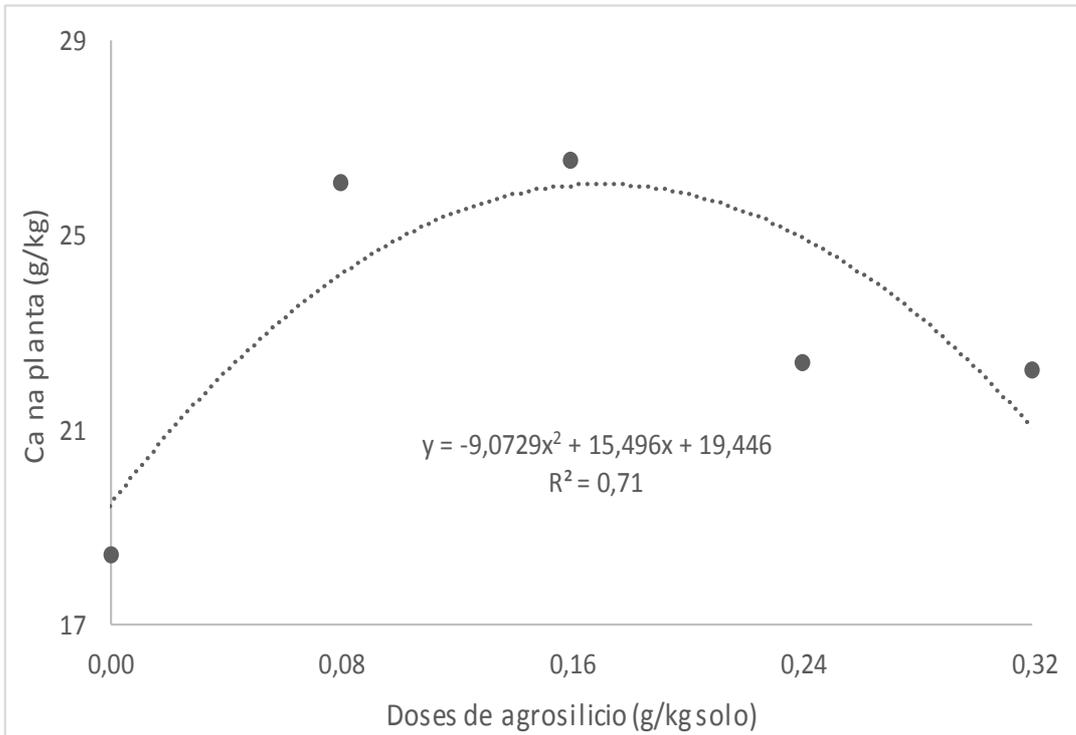


Figura 7 – Teores de Ca nas plantas de soja em função das doses de agrosilício.

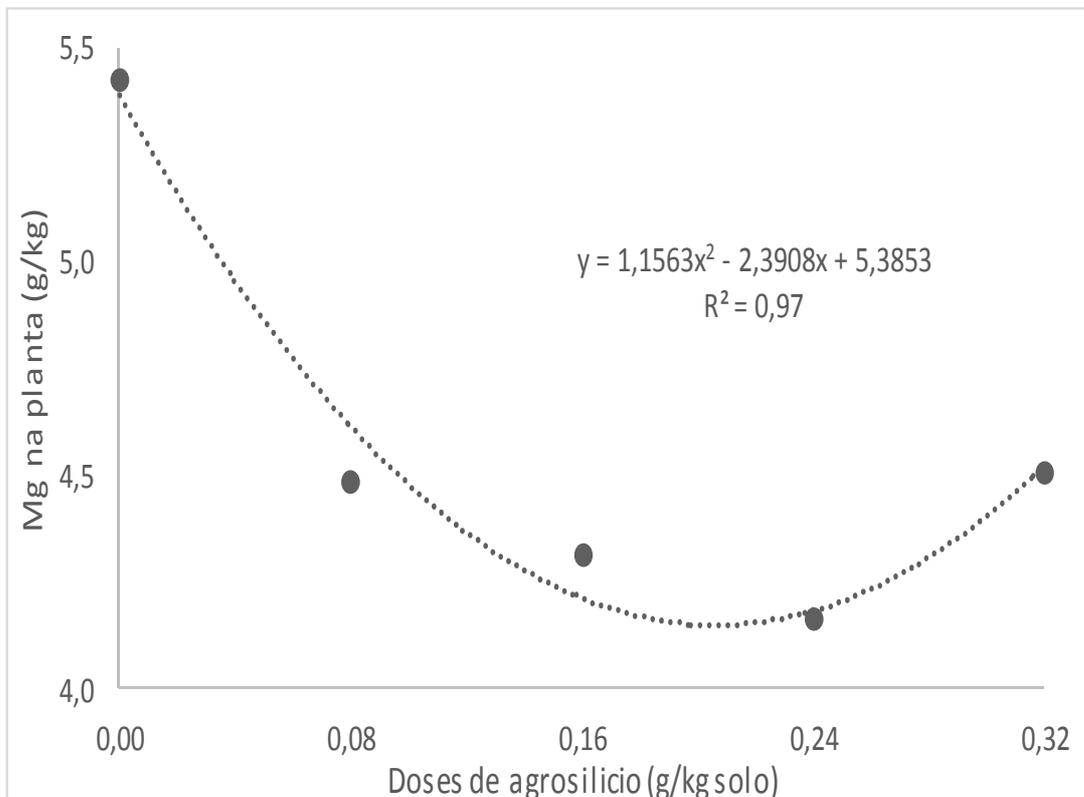


Figura 8 – Teores de Mg em plantas de soja em função das doses de agrosilício.

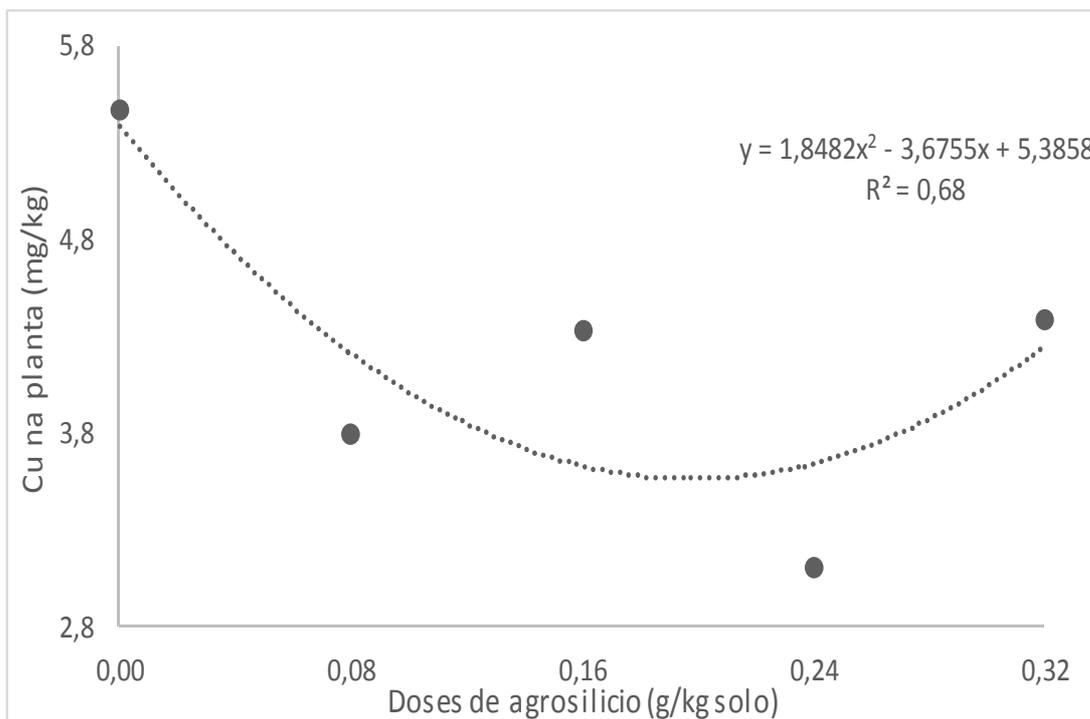


Figura 9 – Teores de Cu em plantas de soja em função das doses de agrosilício.

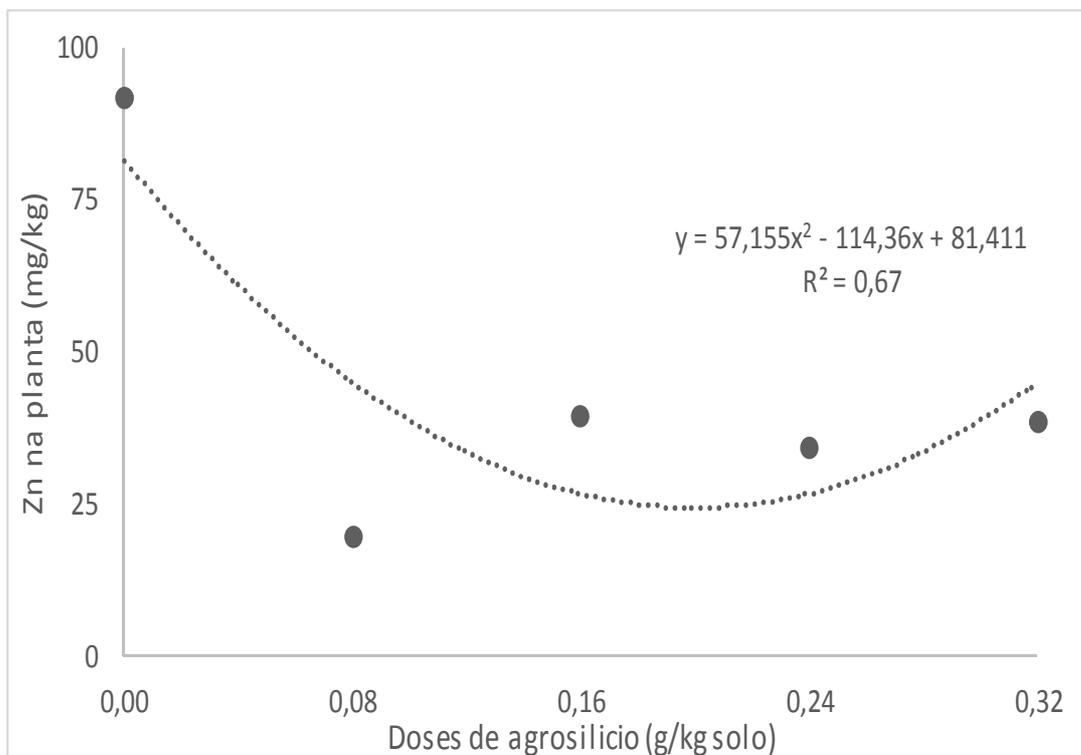


Figura 10 – Teores de Zn nas plantas de soja em função das doses de agrosilício.

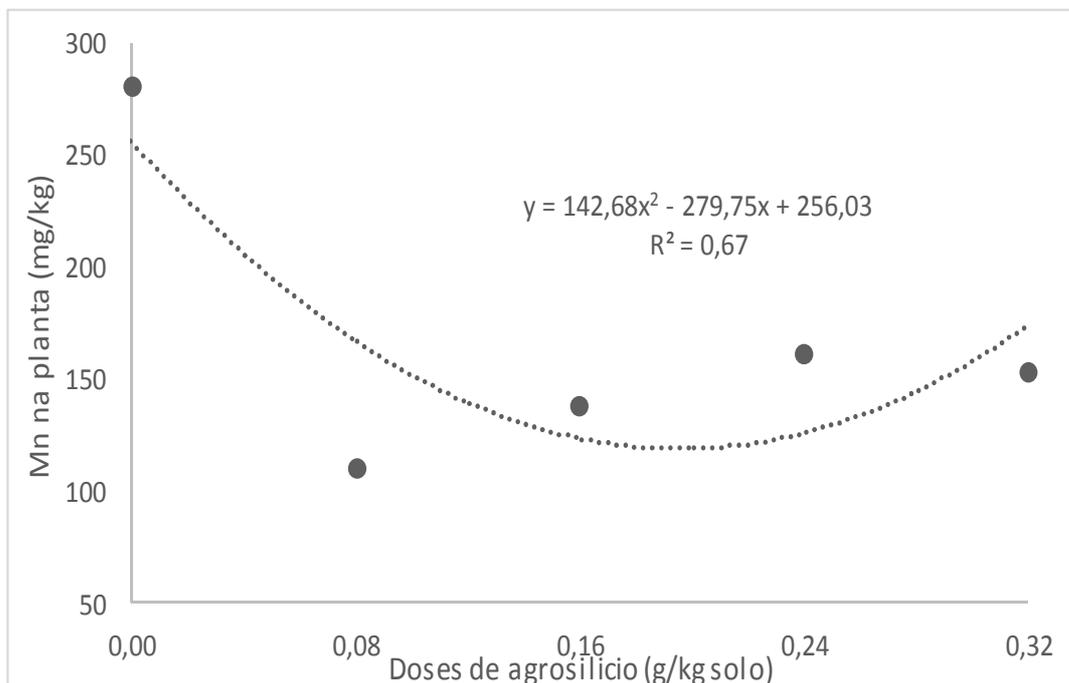


Figura 11 – Teores de Mn em plantas de soja em função das doses de agrosilício.

CONCLUSÕES

A substituição do carbonato de cálcio por escória de siderurgia (agrosilício) na correção do solo proporcionou maior crescimento e peso de grãos na soja; reduziu os teores de N, Mg, Cu, Mn e Zn e elevou os teores de Ca, P e K, não afetando os níveis de S, B e Fe nas plantas. O nível ideal de substituição foi de 75% do carbonato de cálcio pelo agrosilício, correspondente a uma dose entre 0,22 e 0,24 g.kg⁻¹ de solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ávila, Fabrício Willian; Baliza, Danielle Pereira; Faquin, Valdemar; Araújo, Josinaldo Lopes; Ramos, Silvio Júnio. Interação entre silício e nitrogênio em arroz cultivado sob solução nutritiva. *Revista Ciência Agronômica*, v. 41, n. 2, p. 184-190, 2010.
2. Alcarde, José Carlos *Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas*. São Paulo, ANDA, 2005. 24p. (ANDA, Boletim Técnico, 6).
3. Freitag, Elisa Eni *Escória de aciaria, lama, cal e lodos de esgoto no cultivo da soja sob sistema de plantio direto*. 2008, 278 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP – Campus Botucatu, Botucatu, SP, 2008.
4. Madeiros, Lúcio Bastos; Vieira, Andreia Oliveira; Aquino, Boanerges Freire; Beltrão, Napoleão Esberard Macêdo. Micronutrientes na cana-de-açúcar irrigada: correção do solo com escória de siderúrgica. *Revista Engenharia Ambiental*, v.6, n.3, p.447-461, 2009.
5. Malavolta, Eurípedes; Muraoka, Takashi. *Avaliação do estado nutricional e da fertilidade do solo; métodos de vegetação e diagnose por subtração em vasos*. Piracicaba: CENA/USP, 1985. 7p. (Mimeografado).
6. Malavolta, Eurípedes; Vitti, Godofredo César; Oliveira, Sebastião Alberto. *Avaliação do estado nutricional das plantas – princípios e aplicações*. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
7. Martinez, Hermínia Emília Prieto; Carvalho, Janice Guedes; Souza, Ronessa Bartolomeu. Diagnose foliar. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação*. Ribeiro, Antônio Carlos; Guimarães, Paulo Tácito Gontijo; Alvarez V, Vitor Hugo (eds.). Viçosa: EPAMIG, 1999. p. 143-167.
8. Pereira Júnior, Pérciles; Rezende, Pedro Milanez; Malfitano, Stephan Carvalho; Lima, Rafaela Karin; Corrêa, Luíza Vasconcelos Tavares; Carvalho, Everson Reis. Efeito de doses de silício sobre a produtividade e características agrônomicas da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 34, n. 4, p. 908-913, 2010.

9. Pozza, Adélia Aziz Alexnadre; Curi, Nilton; Costa, Enio Tarso Souza; Guilherme, Luiz Roberto Guimarães; Marques, João José Granate Sá Melo; Motta, Paulo Emílio Ferreira. Retenção e dessorção competitivas de ânions inorgânicos em gibbsita natural de solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, n. 11, p. 1627-1633, 2007.
10. Prezotti, Luiz Carlos; Martins, André Garçon. Efeito da escória de siderurgia na química do solo e na absorção de nutrientes e metais pesados pela cana-de-açúcar. *Revista Ceres*, v.59, n.4, p.530-536, 2012.
11. Souza, Renato Ferreira; Faquin, Valdemar; Carvalho, Ruy; Torres, Paulo Rogério Ferreira; Pozza, Adélia Aziz Alexandre. Atributos químicos de solos influenciados pela substituição do carbonato por silicato de cálcio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32, p. 1568-1572, 2008.