



SILICATAGEM NO SOLO E NA PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO MILHO

DOI: 10.19177/rgsa.v9e012020933-950



Alves Alexandre Alovisi¹
Renato Albuquerque da Luz²
Alessandra Mayumi Tokura Alovisi³
Luciene Kazue Tokura⁴
Cezesmundo Ferreira Gomes⁵
Cleidimar João Cassol⁶

RESUMO

A busca por uma alternativa social, ambiental e economicamente mais vantajosa às fontes convencionais de nutrientes torna especialmente importante o estudo do potencial de rochas silicatadas para o emprego na agricultura. O silício é considerado um elemento benéfico para várias culturas, e o seu uso na agricultura tem se intensificado nos últimos anos. Neste sentido, objetivou-se com o estudo avaliar o potencial de uso de pós de rochas silicatadas no fornecimento de silício para o solo e para a cultura do milho. Para tal foram realizados dois experimentos, um com pó de basalto e outro com pó de serpentinito. O delineamento experimental para ambos os experimentos foi o de blocos ao acaso, distribuídos em esquema

^{1,2,5} Discente. Programa de Pós-graduação em Agronomia. Universidade Federal da Grande Dourados. E-mail: alves.snpconsultoria@gmail.com; renatoalbuquerque.luz@gmail.com; cezes@hotmail.com

³ Docente. Programa de Pós-graduação em Agronomia. Universidade Federal da Grande Dourados. E-mail: alessandraalovisi@ufgd.edu.br

⁴ Docente. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Energia na Agricultura. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: lucienetokura@gmail.com

⁶ Discente. Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental. Universidade Federal da Grande Dourados. E-mail: cleidimar_cassol@hotmail.com

fatorial 5x2, sendo, cinco doses do pó de rocha (0, 2, 4, 8 e 16 Mg ha⁻¹), associados ou não a bioativo, com quatro repetições. As variáveis analisadas foram o teor de silício foliar, disponibilidade de silício no solo e componentes de produção da cultura do milho. A adição de pó de basalto no solo contribuiu para a redução dos teores de silício na folha. O uso do pó de serpentinito no solo contribuiu para a elevação dos teores de Si no solo. A utilização dos pós de rochas não interferiu nos componentes de produção, nem na produtividade do milho.

Palavras-chave: Pó de rochas. Silício. *Zea mays*

SILICATE IN SOIL AND PRODUCTIVITY OF MAIZE

ABSTRACT

The search for a more socially, environmentally and economically advantageous alternative to conventional nutrient sources makes it especially important to study the potential of silicate rocks for agricultural use. Silicon is considered a beneficial element for many crops, and its use in agriculture has intensified in recent years. In this sense, the objective of this study was to evaluate the potential use of silicate rock powders in silicon supply to soil and corn crop. For this, two experiments were performed, one with basalt powder and the other with serpentinite powder. The experimental design for both experiments was randomized blocks, distributed in a 5x2 factorial scheme, with five doses of rock dust (0, 2, 4, 8 and 16 Mg ha⁻¹), associated or not with bioactive, with four repetitions. The variables analyzed were leaf silicon content, soil silicon availability and corn crop yield components. The addition of basalt dust to the soil contributed to the reduction of leaf silicon content. The use of serpentinite dust in the soil contributed to the elevation of Si contents in the soil. The use of rock powders did not affect the production components or corn yield.

Keywords: Rock dust. Silicon. *Zea mays*

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui área total de 8.514.877 km² (851,4 milhões de hectares), dos quais 60 milhões de hectares estão sob cultivos agrícolas (CONAB, 2019).

O Estado de Mato Grosso do Sul possui metade de sua área composta por Latossolos e Neossolos de baixa fertilidade natural (MATO GROSSO DO SUL, 1990). Para que esses solos sejam empregados na produção agropecuária, a prática da fertilização é fundamental para obter boas produtividades.

O milho é um dos principais cereais produzidos e exportado na agricultura brasileira, com uma produtividade de 84 milhões de toneladas (CONAB, 2019). Tendo em vista a importância econômica da cultura, há necessidade de buscar tecnologias inovadoras para o setor, aliando produtividade e sustentabilidade.

A nutrição adequada para a planta via adubação tem efeito inegável, assim, estudos sobre as influências do uso de pó de rochas na agricultura, possuem grande importância para a ampliação do uso de subprodutos da indústria de mineração, sendo alguns desses subprodutos ótimas fontes de silício.

O termo rochagem resulta da palavra rocha e tem como sinônimo a petrofertilização. Rochagem está relacionada à aplicação direta de rochas moídas na agricultura, como forma de transformar o padrão de fertilidade (THEODORO *et al.*, 2009).

Dada a geodiversidade presente no Brasil o pó de rocha pode ser considerado uma excelente alternativa, pois se aproveita os rejeitos de pedreiras e mineradoras gerando assim fertilizantes minerais com ampla variedade de nutrientes entre os quais o fósforo, o potássio, o cálcio e o magnésio, além de uma série de micronutrientes, ocasionando um rejuvenescimento para os solos de baixa fertilidade (ASSIS, 2015).

Um dos mais evidentes benefícios da técnica é a lenta e gradativa disponibilidade dos nutrientes fornecidos pelo pó de rocha em decorrência da lenta solubilização, permanecendo por longo tempo o fornecimento, reequilibrando o solo gradativamente e sua reserva nutricional (MELAMED *et al.*, 2007). Porém, essa solubilização dos nutrientes do pó de rocha está intimamente ligada com a rápida atividade biológica no solo, sendo assim, necessária a utilização de boas práticas culturais, para a estimulação da microbiota (BRUGNERA, 2012).

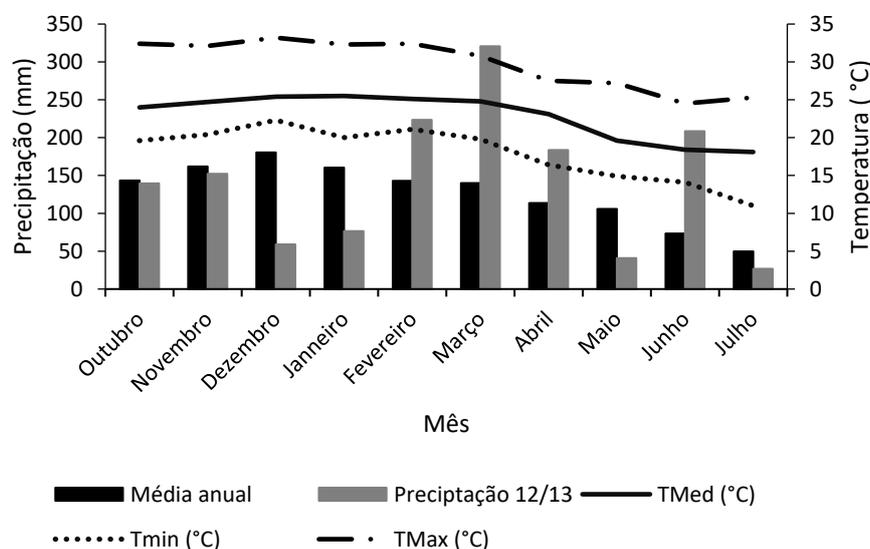
Dentre outros materiais classificados como subprodutos oriundos da siderurgia, o silicato de cálcio e magnésio, possui em sua composição valores elevados de silício, de tal forma, que podem ser utilizados como fonte deste elemento para as culturas (PRADO e KORNDORFER 2003). Para Carmignano (2014), o uso de silicatos é uma alternativa para a correção de acidez de solos, fonte de Si para as plantas, e através do potencial protetor que o elemento possui uma possível redução do uso de defensivos agrícolas devido a uma planta bem nutrida possuir resistência ao ataque de pragas e doenças.

Portanto, torna-se necessário, estudar a aplicação de pó de rochas para verificar a viabilidade desse material como fonte de silício e seu efeito na produtividade da cultura do milho.

2 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), no município de Dourados, MS. O local situa-se em latitude de 22°14'08" S, longitude 54°59'13" W e altitude de 430 m. O clima da região, seguindo classificação Köppen-Geiger, é do tipo Aw (PEEL *et al*, 2007) com médias anuais para precipitação e temperatura de 1425 mm e 23,6°C, respectivamente. Os dados de precipitação foram obtidos na Estação Meteorológica da Embrapa Agropecuária Oeste, apresentados na Figura 1.

Figura 1: Precipitação, temperatura média, máxima e mínima no período de outubro de 2012 a julho de 2013, em Dourados – MS.



Fonte: Embrapa Agropecuária Oeste (2013).

No experimento foram utilizados dois pós de rochas (basalto e serpentinito) em diferentes doses, 0, 2, 4, 8 e 16 Mg ha⁻¹ de cada pó, totalizando 80 parcelas, as quais, 40 delas foram usadas o bioativo (0,54 g parcela⁻¹), 20 parcelas no pó de basalto e 20 parcelas no serpentinito. Na Tabela 1 encontram-se as composições dos pós de basalto e serpentinito. O bioativo utilizado foi o Penergetic k (Bentonita em pó), constituído de: SiO₂ (56%), Al₂O₃ (16%), Fe₂O₃ (4,0%), CaO (4,0%), MgO (4,0%), K₂O (2,0%), Na₂O (0,4%) e micronutrientes (3,5%).

Tabela 1: Caracterização química dos pós de basalto e serpentinito.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	N ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅
	-----%-----									
Basalto	23,07	12,17	15,45	7,74	3,67	1,60	2,62	3,67	0,23	0,61
Serpentinito	17,95	1,31	12,66	0,66	35,07	0,01	<0,01	0,03	0,09	0,02

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférico. A caracterização química do solo, antes da instalação do experimento foi realizada nas profundidades de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m. Foi coletado uma amostra composta, por

cinco subamostras simples. As determinações químicas do solo seguiram a metodologia descrita por Claenssen (1997), com os resultados apresentados na Tabela 2.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados e os tratamentos em arranjo fatorial 5x2, envolvendo cinco doses de pó de rocha (0, 2, 4, 8 e 16 Mg ha⁻¹), associados ou não a bioativo (0 e 300 g ha⁻¹), com quatro repetições.

Tabela 2: Análise química do solo da área, antes da instalação do experimento. UFGD, Dourados, MS, 2012.

Prof. (cm)	pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	P (resina) g dm ⁻³	K	Ca	Mg	Al ³⁺	H + Al	SB	V%	MO g dm ⁻³
				-----mmolc dm ⁻³ -----							
0-10	5,7	5,0	49	2,7	36	19	0	61	119	48	27
10-20	5,4	4,6	4	1,1	15	9	6	57	82	31	17

Prof. = profundidade; H+Al = acidez potencial; SB = soma de bases; V% = saturação por bases; MO = matéria orgânica

O preparo de solo foi realizado em novembro de 2012, e utilizado o método convencional, que consistiu em duas arações antes da aplicação dos pós de rochas, aplicação dos pós de rochas e bioativo realizado manualmente, e posteriormente foi realizada uma aração e duas gradagens, com grade niveladora, para uma incorporação homogênea do material na camada de 0-0,2 m.

Em março de 2013, foi semeado o híbrido de milho AG5055 VTPRO. Para a semeadura foram utilizados o trator e a semeadora a vácuo. As sementes foram tratadas com Imidacloprido na dosagem de 0,1 L ha⁻¹ no dia da semeadura. Foi usada uma adubação na área experimental, correspondente a 300 kg ha⁻¹ de 10 -15 -15. A parcela foi composta por quatro linhas de 5 metros de comprimento, espaçadas em 0,90 m, contendo cinco plantas por metro linear, com a finalidade de ajustar a população em 55 mil plantas ha⁻¹.

O controle de pragas na cultura do milho foi realizado no estádio V3, onde se realizou a aplicação de inseticida (Lambda-cialotrina 106 g L⁻¹, Thiamethoxam 141 g L⁻¹) na dose de 0,3 L ha⁻¹. E o manejo de plantas daninhas foi realizado mediante a aplicação de herbicida (Atrazina 500 g L⁻¹) na dose de 4 L ha⁻¹, ocorrendo no estádio V4.

Para a determinação de silício foliar, foram coletadas folhas diagnose, folha oposta e abaixo da espiga no aparecimento da inflorescência feminina, de 10 plantas por parcela, segundo procedimentos descritos por Malavolta *et al.* (1997). Em seguida, as folhas foram secas em estufa de ar forçado à 65°C até peso constante, e moídas em moinho do tipo Willey. Utilizou-se a metodologia proposta por Korndörfer *et al.* (2004) para a extração e determinação de silício na planta através do processo de oxidação da matéria orgânica, método amarelo.

As avaliações dos componentes da produção e produtividade do milho foram consideradas duas linhas centrais, desprezando um metro na extremidade de cada linha de plantas. A colheita foi realizada manualmente, coletando 15 espigas alternadas nas duas linhas centrais. Após a coleta, com o auxílio de uma régua e um paquímetro foi avaliado o tamanho, diâmetro e número de fileiras de cada espiga. Posteriormente, foram debulhadas em um debulhador mecanizado, e a umidade dos grãos foi corrigida para 14%. Posteriormente pesaram-se os grãos e convertidos em kg ha⁻¹.

Após a colheita do milho foi coletada amostras de solo, nas camadas de 0-0,10 m e 0,10-0,20 m de todas as parcelas, após, as amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas, passadas em peneira com malha de 2 mm de abertura, para a determinação do silício disponível do solo, de acordo com metodologia descrita por Korndörfer *et al.* (2004).

Os dados obtidos de cada variável foram submetidos às análises de variância. Para as doses dos pós de basalto e serpentinito, empregaram análise de regressão, quando constatado significância das doses, com auxílio do pacote computacional ASSISTAT (SILVA e AZEVEDO, 2006).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

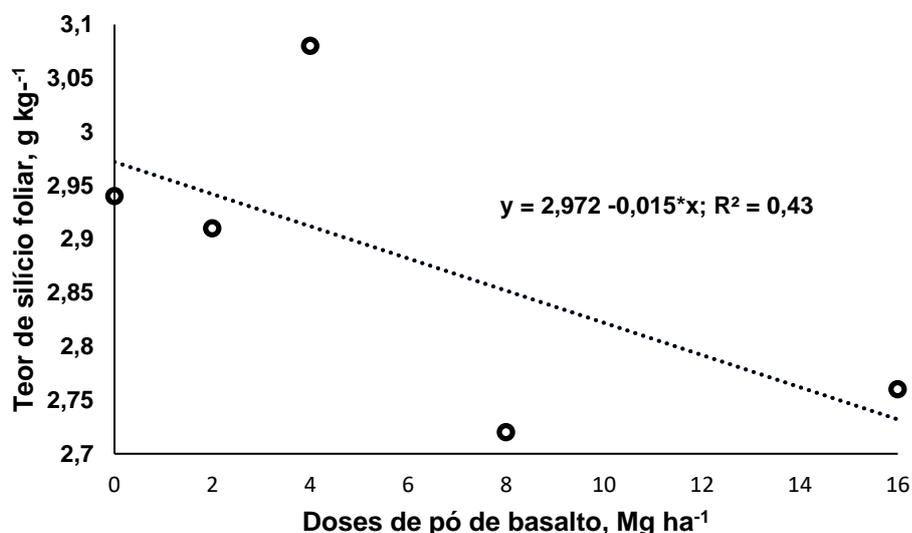
Houve diferença nos teores de Si nas folhas do milho ($p < 0,01$), em função das doses de basalto (Figura 1). O teor foliar apresentou comportamento linear decrescente, provavelmente, em razão do efeito de diluição. Os teores de silício na planta são classificados em baixo quando for menor que 17 g kg⁻¹, médio de 17 a 34 g kg⁻¹ e altos acima de 34 g kg⁻¹ (KORNDÖRFER *et al.*, 1999). Assim, os teores de silício encontrados nesse trabalho classificam-se como baixo, entretanto, segundo

Korndörfer et al. (2006), plantas de milho acumulam teores de Si de 2,5 a 11,4 g kg⁻¹, portanto, o teor foliar de Si (Figura 1) está de acordo com o esperado, mesmo na maior dose de basalto, com teor de Si de 2,73 g kg⁻¹, ou seja, independente da dose do basalto adicionado, as plantas de milho apresentaram um teor adequado deste elemento.

Houve diferença nos teores de Si no solo ($p < 0,01$), em função do bioativo, na camada de 0-0,10 m, com a utilização do pó de basalto. Os maiores valores de Si no solo (10,14 mg dm⁻³) foram encontrados nos tratamentos sem a utilização do bioativo, em relação a 8,99 mg dm⁻³ nos tratamentos que receberam o bioativo.

A aplicação de doses crescente de pó de basalto não influenciou os teores de Si na camada de 0,10-0,20 m, resultado esperado, uma vez que, solos altamente intemperizados apresentam um intenso processo de dessilificação (BARBOSA FILHO *et al.*, 2004).

Figura 1: Teor foliar de silício em folhas de milho, em função do basalto aplicado. * significativa a 5% de probabilidade



Com a utilização do serpentinito, houve interação entre as doses de serpentinito e bioativo, na camada de 0-0,10 m (Figura 2). O teor de Si no solo com a utilização do bioativo apresentou comportamento quadrático, com ponto de mínima na dose equivalente de 6,31 Mg ha⁻¹. Já sem o uso do bioativo, o teor de Si no solo apresentou comportamento linear, com teor de Si no solo de 9,88 mg dm⁻³, na dose de 16 Mg ha⁻¹. Esses resultados observados estão de acordo com os resultados obtidos por Pereira *et al.* (2004); Braga (2004) e Ramos *et al.* (2009), que

trabalhando com doses crescentes de silício nas culturas de arroz e sorgo, também observaram incremento nos teores de Si no solo.

Na camada de 0,10-0,20 m, os teores de silício aumentaram linearmente com o aumento das doses de serpentinito (Figura 3). A equação de regressão estima que o teor máximo de silício no solo foi de 11,77 mg dm⁻³. Pereira *et al.* (2007) ressaltam que, sendo o Si de pouca mobilidade no solo, nas doses aplicadas têm-se maiores teores na camada de aplicação.

Os resultados observados para o Si solúvel no solo, no presente trabalho, estão de acordo com trabalhos realizados por Korndörfer *et al.* (1999). Ribeiro *et al.* (2011), que estudando a cultura do arroz e café com adubação de escórias de siderurgia, encontraram uma elevação nos teores de Si em função de maiores doses do material. Sobral *et al.* (2011), em um estudo realizado com cana-de-açúcar com doses de escória associadas ou não com adubação nitrogenada, mostrou um aumento quadrático significativo nos teores de Si no solo, semelhante ao encontrado neste trabalho.

Figura 2: Teor de silício no solo em função da aplicação de pó de serpentinito, na profundidade de 0-0,10 m. Dourados-MS.

ns, *, **: não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

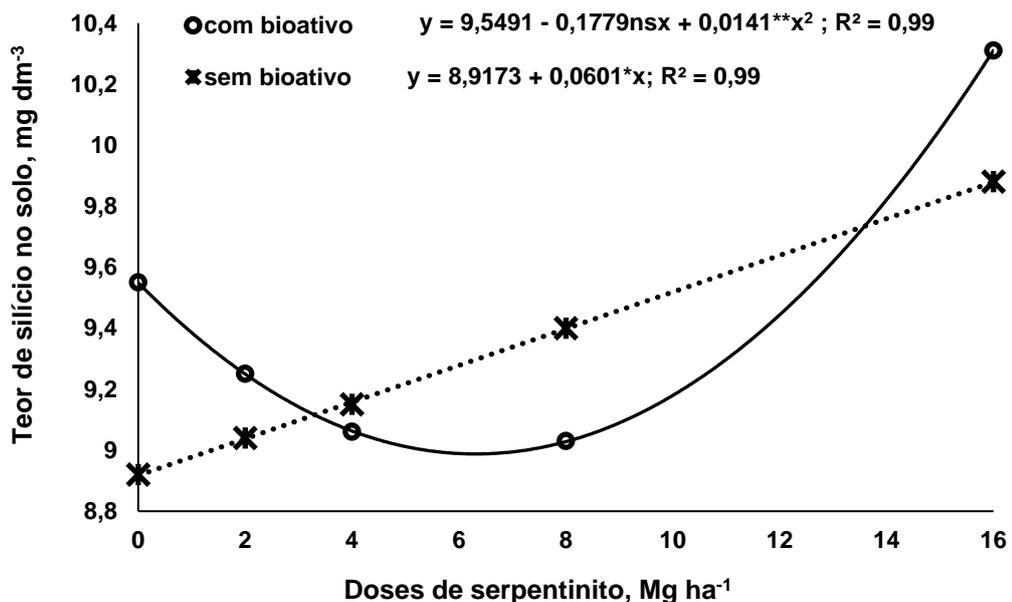
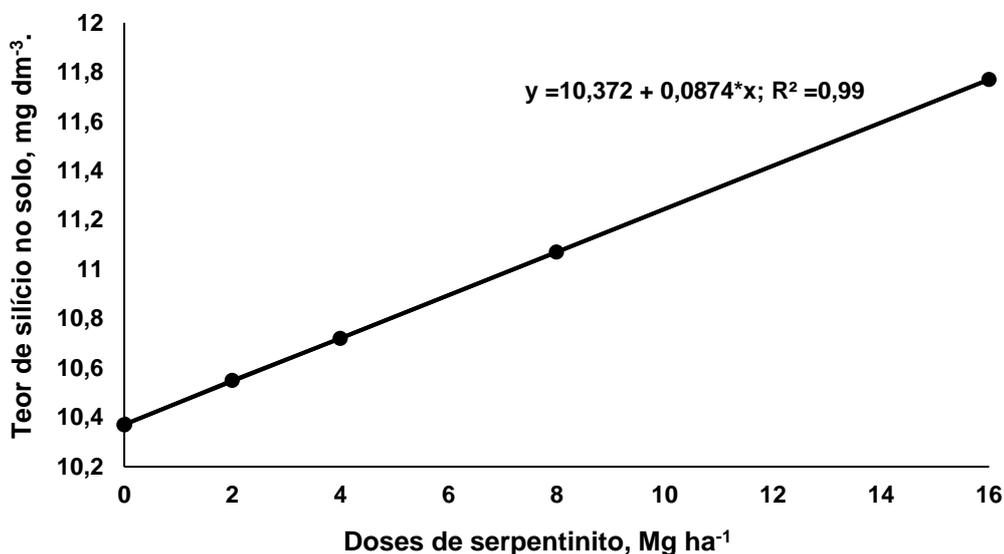


Figura 3: Teor de silício no solo em função da aplicação pó de serpentinito, na profundidade de 0,10-0,20 m.

* significativa a 5% de probabilidade



Não houve interação significativa entre as doses de pó de rochas e a aplicação de bioativo sobre as variáveis de produtividade, tamanho de espiga, diâmetro de espiga e número de fileiras de grãos de milho. As médias das variáveis são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3: Média dos componentes de rendimento e produtividade de grãos da cultura do milho, cultivado em solo tratado com doses de basalto e serpentinito, com e sem aplicação de bioativo

Tratamento	T. M. ESP. (cm)	D. M. ESP. (mm)	N. M. FIL. Grãos	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Basalto	13,15	45,99	15,92	4917
Serpentinito	13,31	46,21	15,98	5087

T. M. ESP. = Tamanho médio de espigas; D. M. ESP. = Diâmetro médio de espigas; N. M. FIL. = número médio de fileira.

Ao comparar a produtividade média da área experimental de 4,917 kg ha⁻¹ e 5087 kg ha⁻¹, pó de basalto e serpentinito respectivamente, em relação à média nacional de milho segunda safra, que foi aproximadamente de 4,943 kg ha⁻¹,

observa-se valores muito semelhantes, entretanto, acima dos valores observados para a do estado do Mato Grosso do Sul, que foi de 4,514 kg ha⁻¹ para o mesmo ano agrícola (CONAB, 2013).

Os resultados encontrados no experimento, para doses de pó de basalto, com ou sem adição de bioativo, corroboram com aqueles observados por Ferreira *et al.* (2009), que constataram que o pó de basalto de duas origens não influenciou o teor de nutrientes na fitomassa e a produtividade de grãos de feijão. Resultado semelhante foi verificado por Silva *et al.* (2011), que não verificaram aumento da produtividade de feijão com o incremento de doses de pó de basalto, assim como Hanisch *et al.* (2013), não verificaram aumento na produtividade do milho após três anos da aplicação do pó de basalto em solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, típico da região do planalto norte catarinense.

Segundo Harley e Gilkes (2000) a solubilidade lenta seria uma característica importante do uso de pós de rochas, por permitir que ocorra um efeito residual após a aplicação desse produto, o que reduziria a demanda por aplicação de fertilizantes por determinados períodos.

Os resultados, apesar de serem preliminares, de apenas uma safra de cultivo, estão de acordo com os que foram obtidos por outros autores. Almeida *et al.* (2004) conduzindo estudos com saprólito de basalto em um Nitossolo Háplico no município de Urupema-SC com doses de até 32 Mg ha⁻¹ na cultura do feijão, não observaram diferenças no número de vagens por plantas e no número de grãos por vagem em função dos tratamentos, sendo que a produtividade média obtida foi de 1403 Kg ha⁻¹, decorrente das boas condições de fertilidade do solo no local avaliado.

Em trabalho conduzido em casa de vegetação, Escosteguy (1985) concluiu não ter havido efeito da aplicação de doses equivalentes até 200 Mg ha⁻¹ de basalto moído no desenvolvimento das plantas em solo de baixa fertilidade do Rio Grande do Sul, e tampouco promoveram modificações substanciais nas propriedades químicas do solo.

Embora o milho seja considerado cultura acumuladora de silício, onde o silício é transportado para a parte aérea e depositado nas paredes celulares na forma de sílica amorfa, principalmente na epiderme foliar (BARBOSA, 2002), contribuindo com o aumento da produção de forma indireta, entretanto, não foram encontradas diferença na produtividade do milho, com a adição de pó de basalto e serpentinito,

cujos materiais apresentavam teores médios de silício (23% no basalto e 18% no serpentinito).

Considerando que o solo já vinha sendo manejado em plantio direto há alguns anos, é possível que esta condição química adquirida anteriormente, tenha sido suficiente para a manutenção das produtividades observadas, minimizando o efeito do pó de basalto e do serpentinito, até mesmo da utilização do bioativo.

Apesar da lenta liberação de nutrientes pelos materiais, solo local com características químicas que possivelmente aumentam a adsorção de silício, e o milho sendo uma cultura de rápido desenvolvimento, houve um incremento de silício para algumas variáveis, porém abaixo do esperado. Desta maneira, é necessário um acompanhamento a longo prazo, para a obtenção de respostas mais conclusivas.

4 CONCLUSÕES

A adição de pó de basalto no solo contribuiu para a redução dos teores de silício na folha.

Os teores de silício no solo responderam positivamente à aplicação de pó de serpentinito.

As variáveis de produtividade, tamanho de espiga, diâmetro de espiga e número de fileiras de grãos de milho, não foram afetados pela aplicação dos pós de basalto e serpentinito.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E.; SILVA, F. J. P.; RALISCH, R. Revitalização dos solos em processos de transição agroecológica no Sul do Brasil. **Agriculturas**, v. 4, p. 7-10, 2004.

AMPARO, A. Farinha de rocha e biomassa. **Revista Agroecologia Hoje**, v.20, n.1, p.11, 2003.

BERNARDI, A. C. C.; MACHADO, P. L. O. A.; SILVA, C. A. Fertilidade do solo e demanda por nutrientes no Brasil. In: MANZATTO, C. V.; FREITAS JÚNIOR, E. de; PERES, J. R. R. (Ed.). **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. p.61-77.

BARBOSA FILHO, M. P.; ZIMMERMANN, F. J. P.; SILVA, O. F. Influência da escória silicatada na acidez do solo e na produtividade de grãos do arroz de terras altas. **Ciência Agrotécnica**, v.28, n.2, p.323-331, 2004. DOI: 10.1590/S1413-70542004000200011

BARBOSA, S. C. S.; ALCOFORADO, P. A. U. G.; COSTA, J. P. V.; ALBUQUERQUE, A. W.; REIS, L. S.; BASTOS, A. L. Adição de carbonato, silício e fósforo nas propriedades químicas de três solos do estado de Alagoas. In: **Fertbio** 2002. Rio de Janeiro, v. 1. p. 01-04.

BRAGA, A. M. C. **Eficiência de fontes e doses de fertilizantes contendo silício na adubação do arroz inundado e do sorgo**. 2004. Dissertação 123p. (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2004.

Decreto nº 2954 de 16 de janeiro de 1980. Aprova o regulamento da lei 6894 de 16 de janeiro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e dá outras providências. Normas Jurídicas (Texto Integral) – DEC 004954, 14 jan., 2004, 27 p.

BRUGNERA, R. L. **Avaliação do uso de pó de rocha basáltica como fertilizante alternativo na cultura da rúcula**. 2012. 54p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação do Curso de Engenharia Agrônômica) Faculdade Dinâmica de Cataratas. Foz do Iguaçu, PR, 2012.

BERNI, R.; PRABHU, A. Eficiência relativa de fontes de silício no controle de brusone nas folhas em arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 195-201, 2003.

CARMIGNANO, O. R. D. (2014). **Avaliação do comportamento do serpentinito na cultura da soja**. 2015. 71 p. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade). Universidade Federal de Ouro Preto, MG, 2014.

CASTRO, G. S. A.; CRUSCIOL, C. A. C. Effects of superficial liming and silicate application on soil fertility and crop yield under rotation. **Geoderma**, v.195-196, p.234-242, 2013.

CONAB. **Indicadores de Agropecuária**. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento, 2019. 92p.

CONAB. **Indicadores de Agropecuária**. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento, 2013.

DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDORFER, G. H. **Silicon in agriculture**. New York: 403p. 2001.

NOLLA, A.; KORNDÖRFER, G. H.; COELHO, L. Efficiency of calcium silicate and carbonate in soybean diseases control. **Journal of plant nutrition**, v. 29, p. 2049-2061, 2005.

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral Brasileiro. (2006). **Anuário Mineral Brasileiro**: Talco e Outras Cargas Minerais. 35. ed. Brasília: DNPM, 2006.

EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. **Proceedings of the National Academic Science**, Fort Lauderdale, v.91, n.1, p.11-17, 1994. <https://doi.org/10.1073/pnas.91.1.11>

ESCOSTEGUY, P. A. V. Uso de basalto moído como fonte de nutrientes às plantas em solos ácidos de baixa fertilidade. In: Congresso brasileiro de iniciação científica em ciências agrárias, 5., Lavras, MG, 1985. **Anais**. Lavras: [s.n.], 1985.

FARIA, R. **Efeito da acumulação de silício e a tolerância das plantas de arroz do sequeiro ao déficit hídrico do solo**. 2000. 125p. Dissertação (Mestrado em solos) – Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Solos, Viçosa, MG, 2000.

FELISBERTO, G.; FEHR, R. M.; GODOY, L. J. G.; FELISBERTO, P. A. C. Filossilicatos: efeitos no crescimento e na nutrição de plantas de milho e no teor de silício do solo. **Agrarian Academy**, v. 1, p. 60-7, 2014.

FERREIRA, E. R. N. C.; ALMEIDA, J. A.; MAFRA, A. L. Pó de basalto, desenvolvimento e nutrição do feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) e propriedades químicas de um Cambissolo Húmico. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.8, p.111-121, 2009.

GILLMAN, G. P.; BURKETT, D. C.; COVENTRY, R. J. Amending highly weathered soils with finely ground basalt rock. **Applied Geochemistry**, v.17, p.987–1001, 2002.

GUTIERREZ, R. S.; INOCÊNCIO, M. F. Escoria de siderúrgica e pó de basalto na fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, [S.l.], v. 4, n. 2, ISSN 1980-9735, 2009.

HANISCH, A. L.; FONSECA, J. A.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; SPAGNOLO, E. Efeito de pó de basalto no solo e em culturas anuais durante quatro safras, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.3, p.100-107, 2013.

HARLEY, A. D., GILKES, R. J. Factors influencing the release of plant nutrient elements from silicate rock powders: a geochemical overview. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.56, p.11–36, 2000.

INOCÊNCIO, M. F.; NOVELINO, J. O.; PAIM, L. R.; GUTIERREZ, R. S. Efeito da aplicação de basalto triturado nas características químicas de amostras de solos do Estado de Mato Grosso do Sul. **Revista Caatinga**, v. 22, p. 145-151, 2009.

KORNDÖRFER, G. H. (2006). Elementos benéficos. In: FERNANDES, M. S. (Eds.) **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.355-374, 2006.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLA, A. **Análise de silício: solo, planta e fertilizante**. 2 ed. 34p. 2004.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura**. 1 ed. 23p. 2003.

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**, v.23, pp.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, v.70, pp.1-5, 1995.

LIMA, M. T. G. **Interrelação cancro da haste (*Diaporthe phaseolorum f. Sp. meridionalis*), nodulação (*Bradyrhizobium japonicum*) e silício em soja (*G1vcine Max (L) Merrill*)**. 1998. 58p. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 1998.

MACHADO, C. T. T.; RESENDE, A. V.; MARTINS, E. S.; SOBRINHO, D. A. S.; NASCIMENTO, M. T. FALEIRO, A. S. G. LINHARES, N.; SOUZA, A. L.; CORAZZA, E. Potencial de rochas silicáticas no fornecimento de K para culturas anuais. In **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Recife, 2005.

Potencial de rochas silicáticas no fornecimento de K para culturas anuais. In Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: Princípios e aplicações**. Piracicaba, Potafos, 308p. 1997.

MARSCHNER, H. (1995). **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. New York: Academic, 887 p. 1995.

Mato Grosso do Sul. (1989) Secretaria de Planejamento e Coordenacao Geral. **Atlas multirreferencial**. Campo Grande: Convenio Governo do Estado/ Fundacao IBGE, 29p.

MAUAD, M.; GRASSI FILHO, H.; CRUSCIOL, C. A. C.; CORRÊA, J. C. Teores de silício no solo e na planta de arroz de terras altas com diferentes doses de adubação silicatada e nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 867-873, 2003.

MELAMED, R.; GASPAR, J. C.; MIEKELEY, N. **Pó-de-rocha como fertilizante alternativo para sistemas de produção sustentáveis em solos tropicais**. (Série estudos e documentos, 72). Disponível em: http://www.cetem.gov.br/serie_sed.htm. Acesso em: 09 jul. 2019.

MELAMED, R.; GASPAR, J. C. **Eficiência de pó de rocha na bio-disponibilidade de potássio em sistemas de produção agrícola sustentáveis**. 2005. In: ENTMME, 21, 2005, Natal, RN.

MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Effect of silicon on the growth of soybean in a solution culture. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 31, p. 625-636, 1985.

NICHELE, É. R. **Utilização de minerais no desenvolvimento de plantas e na mitigação de odores em criações animais confinados**. 2006. Dissertação 86p. (Mestrado em Ciência do Solo). Centro de Ciências Agroveterinárias – UDESC. 2006.

ORIOLI JÚNIOR, V.; ARF, O.; COSTA, R. S. S.; BUZETTI, S. Modos de aplicação e doses de silício em dois cultivares de trigo cultivados em semeadura direta. **Scientia Agraria**, vol. 9, núm. 3, 2008. <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v9i3.11540>

PIAU, W. C. **Efeitos de escórias de siderurgia em atributos químicos de solos na cultura do milho (*Zea mays* L)**. 1995. Tese 124p. (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 1995.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, European Union, v. 11, n. 4, p. 1633-1644, 2007.

PEREIRA, S. C.; RODRIGUES, F. A.; CARRÉ-MISSIO V.; OLIVEIRA, M. G. A.; ZAMBOLIM, L. Aplicação foliar de silício na resistência da soja à ferrugem e na atividade de enzimas de defesa. **Tropical Plant Pathology**, v.34, p.164-170, 2009.

PEREIRA, H. S.; BARBOSA, N. C.; CARNEIRO, M. A.; KORNDÖRFER, G. H. Avaliação de fontes e de extratores de silício no solo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.42, n.2, p.239-247, fev. 2007.

PEREIRA, H. S.; KONDRÖRFER, G. H.; VIDAL, A. A.; CAMARGO, M. S. Fontes de silício para a cultura do arroz. **Scientia Agricola**, Piracicaba v. 16, n. 5, p. 522-528, 2004.

POZZA, E. A.; POZZA, A. A. A.; BOTELHO, D. M. S. Silicon in plant disease control. **Revista Ceres**, v.62 n.3, p. 323-331, 2015.

PRADO, R. M.; KORNDORFER, G. H. Efeitos da escória de siderurgia sobre a cultura do milho (*Zeamays* L.) cultivados em um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico. **Científica**, v.31, p.9-17, 2003.

PRADO, R.; FERNANDES, F. M.; NATELE, W. **Uso agrícola da escória de siderurgia no Brasil**: estudo na cultura da cana-de-açúcar. Jaboticabal: Funep, 2001.

RAIJ, B. V.; CAMARGO, O. A. Sílica solúvel em solos. **Bragantia**, v.32, n.11, p.223-236, 1973.

RAMOS, L. A.; KORNDÖRFER, G. H.; QUEIROZ, A. A. Avaliação de fontes de silício em plantas de arroz do ecossistema de várzea. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 2, p. 10 – 16, 2009.

RESENDE, R. S.; RODRIGUES, F. A.; GOMES, R. J.; NASCIMENTO, K. J. T. Microscopic and biochemical aspects of sorghum resistance to anthracnose mediated by silicon. **Annals of Applied Biology**, v.163, p.114-123, 2013.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Viçosa: Neput, 338 p. 2002.

RIBEIRO, R. V.; SILVA, L.; RAMOS, R. A.; ANDRADE, C. A.; ZAMBROSI, F. C. B.; PEREIRA, S. P. O alto teor de silício no solo inibe o crescimento radicular de cafeeiros sem afetar as trocas gasosas foliares. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35:939-948, 2011.

RODRIGUES, F.A. **Fertilização silicatada na severidade da queima das bainhas (*Rizoctonia solani*) do arroz**. 2000. 100p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitopatologia, Viçosa, MG, 2000.

SAMUELS, A. L.; GLASS, A. D. M.; MENZIES, J. G.; EHRET, D. L. Silicon in cell walls and papillae of *Cucumis sativus* during infection by *Sphaerotheca fuliginea*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 44, p. 237-242, 1994.

SÉKULA, C. **Características químicas do solo e produção de grandes culturas com rochagem e biofertilizantes**. 2011. 61p. Dissertação (mestrado em agronomia) Universidade Estadual do Centro Oeste, Guarapuava, Paraná, 2011.

SILVA, A.; ALMEIDA, J. A.; SCHMITT, C.; AMARANTE, C. V. T. Fertilidade do solo e desenvolvimento de feijão comum em resposta adubação com pó de basalto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.7, n.4, p.548-554, 2011.

SILVA, F. A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. de. A New Version of The Assistat -Statistical Assistance Software. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 4, Orlando-FL-USA: **Anais...** Orlando: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2006.

SOBRAL, M. F.; NASCIMENTO, C. W. A.; CUNHA, K. P. V.; FERREIRA, H. A.; SILVA, A. J.; SILVA, F. B. V. Escória de siderurgia e seus efeitos nos teores de nutrientes e metais pesados em cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. vol.15 n.8 Campina Grande, 2011.

STRAATEN, P. V. Farming with rocks and minerals: challenges and opportunities. **Anais.. da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 78, n. 4, p. 731-747, 2006.

TEIXEIRA, A. M. S.; SAMPAIO, J. A.; GARRIDO, F. M. S.; MEDEIROS, M. E. **Avaliação da rocha serpentinito do município de Andorinha para aplicação como corretivo de solos ácidos**. In Congresso Brasileiro de Rochagem, Brasília, DF, Setembro de 2009.

TEIXEIRA, A. **Caracterização e avaliação da rocha serpentinito do município de Andorinha/Bahia para aplicação como corretivo de acidez do solo**. 2011. Dissertação (mestrado) Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011.

THEODORO, S. H.; OTHON H. L.; ALMEIDA E. Mecanismos para disponibilização de nutrientes minerais a partir de processos biológicos. **Anais** do I Congresso Brasileiro de Rochagem, Capítulo 19, Embrapa, 2009.

VIVIANE, C. A.; MARCHETTI, M. E.; VITORINO, A. C. T.; NOVELINO, J. C.; GONÇALVES, M. C. Disponibilidade de fósforo em dois latossolos argilosos e seu acúmulo em plantas de soja, em função do aumento do pH. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, p.61-67, 2010.

ZAIDAN, S. **Aproveitamento do rejeito da rocha serpentinito da mina de Cana- Brava**. 2003. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) –Escola de engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

