

Atributos químicos do solo e componentes agronômicos na cultura da soja pelo uso do pó de basalto

Chemical attributes of soil and agronomic components in soybean culture by the use of basalt powder

DOI: 10.55905/oelv21n9-200

Recebimento dos originais: 28/08/2023

Aceitação para publicação: 25/09/2023

Alessandra Mayumi Tokura Alovisi

Doutora em Ciência do Solo

Instituição: Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)

Endereço: Rodovia Dourados, Itahum, Km 12, Cidade Universitária, CEP: 79804-970

E-mail: alessandraalovisi@ufgd.edu.br

Willian Isao Tokura

Doutor em Matemática

Instituição: Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)

Endereço: Rodovia Dourados, Itahum, Km 12, Cidade Universitária, CEP: 79804-970

E-mail: williantokura@ufgd.edu.br

Priscila Marques Kai

Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação

Instituição: Universidade Federal de Goiás (UFG)

Endereço: Av. Esperança, s/n, Chácaras de Recreio Samambaia, Goiânia - GO,
CEP: 74690-900

E-mail: priscila.kai@hotmail.com

Meriane Melissa Taques

Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia

Instituição: Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)

Endereço: Rodovia Dourados, Itahum, Km 12, Cidade Universitária, CEP: 79804-970

E-mail: meriane.taques@gmail.com

Cleidimar João Cassol

Doutor em Ciência e Tecnologia Ambiental

Instituição: Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)

Endereço: Rodovia Dourados, Itahum, Km 12, Cidade Universitária, CEP: 79804-970

E-mail: cleidimar_cassol@hotmail.com



Robervaldo Soares da Silva

Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Instituição: Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)
Endereço: Rodovia Dourados, Itahum, Km 12, Cidade Universitária, CEP: 79804-970
E-mail: robervaldo.soares@yahoo.com.br

Jerusa Cariaga Alves

Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Instituição: Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)
Endereço: Rodovia Dourados, Itahum, Km 12, Cidade Universitária, CEP: 79804-970
E-mail: jerusacariaga@gmail.com

James Luan Noletto Leite

Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Instituição: Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)
Endereço: Rodovia Dourados, Itahum, Km 12, Cidade Universitária, CEP: 79804-970
E-mail: jamesluanagro@gmail.com

Natalia Dias Lima

Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Instituição: Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)
Endereço: Rodovia Dourados, Itahum, Km 12, Cidade Universitária, CEP: 79804-970
E-mail: nataliadlima_@hotmail.com

RESUMO

A aplicação de fontes alternativas de materiais que melhoram as condições físicas, químicas, microbiológicas e mineralógicas de solos agrícolas é uma prática que vem ganhando cada vez mais importância no Brasil. Objetivou-se com o presente estudo avaliar os atributos químicos de solo e os efeitos na produção vegetal, após uso de pó de basalto associado ou não com adubação química adicional. O delineamento experimental utilizado no experimento foi o de blocos ao acaso, com distribuição em esquema fatorial (5x2), sendo cinco doses de pó de rocha (0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 Mg ha⁻¹), com adição ou não de adubação química (com e sem), com quatro repetições. O experimento foi realizado em condição de campo. As variáveis analisadas foram: diâmetro do coleto, altura de plantas, número de vagens por planta, produtividade e atributos químicos do solo nas camadas de 0-10 e 10-20 cm. A adubação química influenciou os teores dos nutrientes e valores de SB, CTC, V%. A adição do pó de basalto contribuiu para aumento nos teores de Fe nas duas camadas de solo avaliadas, com incremento também de Cu e redução da V% na camada de 10-20 cm. Altura de plantas e diâmetro do coleto da soja foram influenciadas pela adição do pó de rocha, com maiores valores de altura e diâmetro de coleto observados com a adição de 2,5 Mg ha⁻¹ de pó de basalto. A produtividade da cultura da soja foi influenciada pela adição de pó de basalto, com produtividade máxima obtida na dose de 8,3 Mg ha⁻¹.

Palavras-chave: *Glycine max* L., remineralizador, rochagem.

ABSTRACT

The application of alternative sources of materials that improve the physical, chemical, microbiological and mineralogical conditions of agricultural soils is a practice that is gaining more and more importance in Brazil. The objective of this study was to evaluate the chemical attributes of soil and the effects on plant production, after the use of basalt powder with or without additional chemical fertilization. The experimental design used in the experiment was that of random blocks, distributed in a factorial scheme (5x2), being five doses of rock powder (0; 2.5; 5.0; 7.5 and 10.0 Mg ha⁻¹), with addition or not of chemical fertilization (with and without), with four repetitions. The experiment was carried out in a field condition. The variables analyzed were: collector diameter, plant height, number of pods per plant, productivity and chemical attributes of the soil in the 0-10 and 10-20 cm layers. Chemical fertilization influenced the nutrient contents and values of SB, CTC, V%. The addition of basalt powder contributed to an increase in Fe levels in the two soil layers evaluated, with also Cu increase and V% reduction in the 10-20 cm layer. The height of plants and diameter of the soybean harvest were influenced by the addition of rock powder, with higher values of height and diameter of collect observed with the addition of 2.5 Mg ha⁻¹ of basalt powder. The productivity of the soybean crop was influenced by the addition of basalt powder, with maximum productivity obtained in the dose of 8.3 Mg ha⁻¹.

Keywords: Glycine max L., remineralizer, rock.

1 INTRODUÇÃO

Para diminuir a dependência, que pesa sobre produtores e sobre a balança comercial do Brasil, a pesquisa agrícola nacional está desenvolvendo e incentivando o uso de fontes alternativas de nutrientes. Dentre as fontes alternativas está sendo pesquisado e incentivado o uso de pós de rochas como fontes de nutrientes, técnica denominada de rochagem ou remineralização natural dos solos (SÉKULA, 2011).

A rochagem é uma técnica de fertilização baseada na adição de pó de determinados tipos de rocha ou minerais com a capacidade de alterar positivamente a fertilidade dos solos sem afetar o equilíbrio ambiental (PÁDUA, 2012). É possível encontrar na literatura: agrominerais, pó de rocha, petrofertilizantes, remineralização, como sinônimos para rochagem (MARTINS, 2010; THEODORO e LEONARDOS, 2006).

Dentre as rochas disponíveis para o emprego na agricultura está o basalto, rocha básica, de origem vulcânica, afanítica, onde a maior parte dos cristais são invisíveis a olho

nu (SANTOS, 1976). Os principais constituintes do basalto são minerais aluminossilicatos do grupo dos piroxênios e plagioclásios, pouco resistentes ao intemperismo químico e importantes fontes de Ca, Mg e micronutrientes. Normalmente as rochas compostas por aluminossilicatos possuem quantidades variáveis de diversos nutrientes que podem se apresentar na forma de compostos com maior ou menor facilidade de solubilização, dependendo do teor total e da cinética de dissolução dos minerais (MACHADO et al., 2005).

Os altos preços nos fertilizantes aliado com o baixo investimento do governo na indústria nacional de fertilizantes e aspectos contaminantes como o carreamento dos nutrientes por água da chuva e/ou da irrigação para rios e lençóis freáticos, faz necessário a busca por fertilizantes alternativos que possuam tanto macro como micronutrientes, e que principalmente apresentem um baixo custo, enquadrando-se perfeitamente a rochagem nestes aspectos (LUCHESE et al., 2002).

Deste modo, o uso do pó de rocha poderia contribuir de modo mais complexo e equilibrado com adição de macro e micronutrientes aos solos intensamente lixiviados. Macronutrientes como Mg, Ca, K e P podem ser encontrados em basaltos, dunitos, sienitos, dolomitos, fosforitos, entre outros (exceção do nitrogênio). Geralmente também apresentam elementos traços como Co, Zn e Cr (VAN STRAATEN, 2006).

Segundo Alovisi et al. (2017), o pó de basalto pode ser considerado uma fonte alternativa de fertilizante e corretivo do solo, entretanto, apresenta baixa liberação dos nutrientes, portanto, não recomendado como a principal fonte de nutrientes às plantas.

Dessa forma, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da rochagem sobre os atributos químicos do solo e planta e componentes agronômicos da cultura da soja.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em condição de campo, na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), na safra 2018/2019, no município de Dourados, MS, com as coordenadas geográficas: longitude oeste 54°59'13" W, latitude sul 22°14'08" S e altitude 434 m.



O clima de Dourados foi classificado como Cwa, clima úmido e inverno seco, as médias anuais de temperatura são de 22°C e a precipitação varia entre 500 mm e 1500 mm anuais (FIETZ et al., 2017).

O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférico, de textura argilosa (SANTOS et al., 2013). O solo foi coletado nas camadas de 0-10 e 10-20 cm. Após a coleta e preparo, as amostras foram submetidas a análises química, de acordo com metodologia de Claessen (1997) obtendo: pH (CaCl₂): 5,4 e 4,7; pH (água): 6,0 e 5,5; P (mehlich-1): 13 e 6 mg dm⁻³; K: 5,1 e 2,3 mmol_cdm⁻³; Ca: 47 e 29 mmol_cdm⁻³; Mg: 23 e 14 mmol_cdm⁻³; H+Al: 43 e 55 mmol_cdm⁻³; SB: 75 e 45 mmol_cdm⁻³; CTC: 118 e 101 mmol_cdm⁻³ e V: 63 e 45%, respectivamente nas camadas de 0-10 e 10-20 cm.

A área na qual se encontrava o experimento era anteriormente ocupada pela cultura do milho. Após a colheita do milho a área foi submetida a uma aração e dias gradagens niveladora para destorroamento e incorporação dos restos culturais.

O pó de rocha aplicado ao solo é uma rocha basáltica oriunda da empresa Mineradora Tozzi Junqueira Ltda – ME (Pedreira Esteio), situada no município de Itaporã – MS. Foi utilizado material residual fino resultante da operação de britagem. A granulometria do pó de basalto aplicado no experimento está em acordo com as normas da ABNT para classificação de corretivos e fertilizantes, sendo que 100% do produto passou em peneira de malha 0,84 mm e 50% em peneira de malha 0,3 mm. O valor de pH (suspensão 1:1) do material é de 9,7 e a composição química total da rocha basáltica é de: SiO₂: 51,4%, CaO: 8,32%, MgO: 3,58%, K₂O: 3,42%; Zn: 56,5 mg kg⁻¹, Cu: 182 mg kg⁻¹, Ni: 3,77 mg kg⁻¹, B: 107 mg kg⁻¹, Cl: 798 mg kg⁻¹, Co: 9,65 mg kg⁻¹, Fe: 22.000 mg kg⁻¹, Mn: 394 mg kg⁻¹, os elementos Cd, As, Pb, Hg e Mo se encontravam abaixo da faixa de quantificação. Os elementos macro e traço foram determinados por espectrometria de emissão, ICP. O material foi aplicado manualmente na superfície das parcelas 30 dias antes da semeadura da soja, sem incorporação.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 5x2, utilizando-se de 4 repetições. Os tratamentos foram constituídos de cinco doses de pó de rocha basáltica (0, 2.5, 5.0, 7.5, 10 Mg ha⁻¹) com e sem adubação química adicional. Os tratamentos foram identificados como: T1 (controle); T2 (sem adição do pó de rocha

+ adubação química adicional); T3 (2,5 Mg ha⁻¹ de pó de rocha e sem adubação química adicional); T4 (2,5 Mg ha⁻¹ de pó de rocha e com adubação química adicional); T5 (5,0 Mg ha⁻¹ de pó de rocha e sem adubação química adicional); T6 (5,0 Mg ha⁻¹ de pó de rocha e com adubação química adicional); T7 (7,5 Mg ha⁻¹ de pó de rocha e sem adubação química adicional); T8 (7,5 Mg ha⁻¹ de pó de rocha e com adubação química adicional); T9 (10 Mg ha⁻¹ de pó de rocha e sem adubação química adicional); T10 (10 Mg ha⁻¹ de pó de rocha e com adubação química adicional).

Antes da semeadura as sementes foram inoculadas com uma mistura das estirpes de *Bradyrhizobium japonicum*. A semeadura da soja, variedade Monsoy 6410, foi realizada no dia 14 de novembro de 2018, com semeadora adubadora, modelo Semeato, equipada com sete linhas, na densidade de semeadura de 16 plantas m⁻¹. A parcela foi constituída por sete linhas espaçadas entre si de 0,45 m (3,15 m), com 5 metros de comprimento, com área total da parcela 15,75 m². Nas parcelas em que os tratamentos constituíam de adubação química complementar foi adicionado a dose de 200 kg ha⁻¹ da fórmula 5-25-6.

O controle de plantas daninhas foi realizado com o herbicida glifosato, na dose de três litros por hectare. O controle de percevejos foi feito com o inseticida Tiametoxam + Lambda-Cialotrina na dose de 200 ml ha⁻¹.

As variáveis analisadas foram: altura da planta (ALT), diâmetro do coleto (DC), número de vagens por planta (NVP), produtividade de grãos (PROD), teor de nutrientes foliares e atributos químicos do solo após a colheita da soja.

Altura de planta: antes da colheita, a altura da planta de soja foi determinada a partir de cinco plantas, com régua graduada em centímetros, tomando-se a distância ente o nível do solo e o ápice da planta.

Diâmetro de coleto: antes da colheita, o diâmetro do coleto da planta de soja foi determinada a partir de cinco plantas, com paquímetro em milímetros.

Número de vagens por planta: antes da colheita, foram amostradas cinco plantas por parcela e em seguida a contagem do número de vagens, com os valores representando a média de vagens por planta.

Produtividade de grãos: foi determinada amostrando-se uma área de 4,5m², dentro de cada parcela. Após a trilha das plantas em trilhadora estacionária e limpeza dos grãos, as amostras foram colocadas em estufa de ventilação forçada e corrigida umidade para 13% e posteriormente foram pesadas em balança digital.

Para a análise dos teores de nutrientes nas folhas, foram coletados 10 trifólios com pecíolo em cada parcela para a determinação de macro e micronutrientes, conforme metodologia de Malavolta et al. (1997).

Após a colheita da soja coletaram amostras de solo, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, para realizar as análises químicas de acordo com metodologia descrita por Claessen (1997), que englobaram: pH em água, pH CaCl₂, Ca, Mg, Al, P Melich-1, K e MO.

Os resultados obtidos, em cada variável analisada, foram submetidos à análise de variância, e as médias dos tratamentos comparadas pelo Teste t de Student a 5%, utilizando o programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2014). Os dados das doses de pó de rocha (significativos) foram submetidos também a análise de regressão, realizada pelo programa estatístico SAS (SAS, 1985). Os modelos para ajustes das equações foram escolhidos com base no coeficiente de determinação e na sua significância ($p < 0,10$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO – CAMADA DE 0-10 CM

Houve interação entre doses de pó de basalto e adubação química complementar ($p < 0,01$), somente para teor de K (Figura 1). Efeito isolado das doses de pó de basalto para a variável Fe (Figura 2) e efeito isolado da adubação para as variáveis SB, CTC, V% e Zn (Tabela 1).

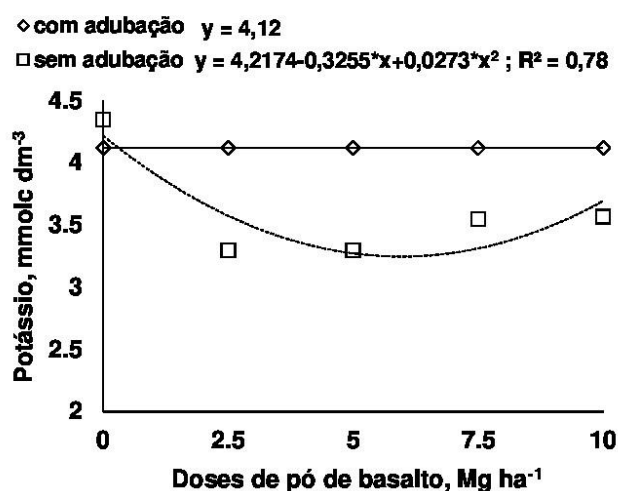
Observa-se na Figura 1 que os dados do teor de K, em função das doses de pó de basalto associado a adubação química, não se ajustaram a nenhum modelo matemático, obtendo-se uma média de 4,12 mmol_c dm⁻³ de K, entretanto, sem a adição da adubação química, os dados do teor de K se ajustaram ao modelo polinomial, obtendo-se teor mínimo potássico de 3,24 mmol_c dm⁻³ estimado na dose 5,9 Mg ha⁻¹ de pó de basalto. Teores esses de K encontrados nos tratamentos estão na faixa considerada adequada (Raij et al., 1997). Estudo realizados por Machado et al. (2005) *apud* PÁDUA (2012)

demonstram que o uso de rochas simplesmente moídas na cultura da soja contribui de forma significativa para o fornecimento de potássio às plantas já no primeiro cultivo, este dado ajuda a corroborar a manutenção dos teores de K nos tratamentos sem adubação química.

Observa-se aumento de forma linear do teor de ferro (Figura 2). Esse aumento o pode ser explicado pela composição do basalto que é rico em minerais de silício, alumínio e ferro. Segundo Schiavon et al. (2007), à medida que aumenta a doses de pó de rocha aplicada ao solo, maiores quantidades de Fe serão liberadas a camada do solo.

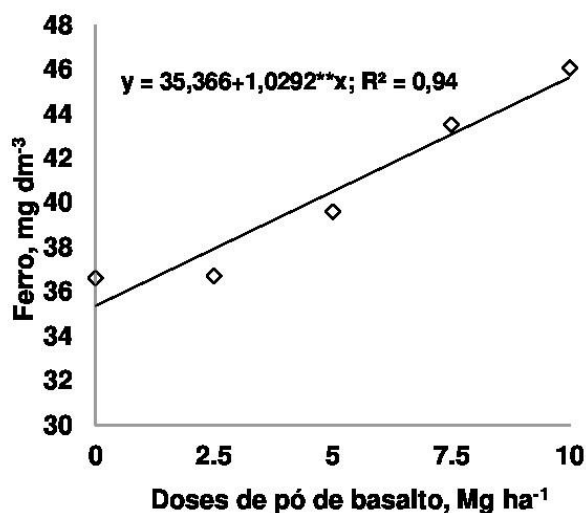
Observa-se que os teores de K e Zn, SB, CTC e V% foram maiores estatisticamente nos tratamentos que receberam adubação química e somente o teor de Fe foi maior nos tratamentos sem adição da adubação (Tabela 1). Os maiores teores de K no solo dos tratamentos que receberam adubação química já eram esperados pela adição direta de K, via adubação e, conseqüentemente aumenta a SB, CTC e V%. Apesar dos teores de Fe e Zn diferirem estatisticamente com a adubação, os teores se encontram adequados (Raj et al., 1997).

Figura 1. Teor de potássio no solo na camada 0-10 cm, em relação a doses de pó de basalto e adubação química adicional. * significativo a 5%.



Fonte: Próprios autores (2023)

Figura 2. Teor de ferro no solo na camada 0-10cm, em relação a doses de pó de basalto. ** significativos a 1%.



Fonte: Próprios autores (2023)

Tabela 1. Teor de potássio (K), Soma de bases (SB), Capacidade de Troca de Cátions (CTC), Saturação por bases (V%), Teor de ferro (Fe) e teor de zinco (Zn) em solo da camada de 0-10 cm, que recebeu as doses de pó de basalto, com e sem adubação química complementar.

Adubação	K	SB	CTC	V%	Fe	Zn
	-----mmol _c dm ⁻³ -----			%	----mg dm ⁻³ -----	
Com	4,12 a	74,38 a	107,16 a	69,36 a	38,61 b	3,35 a
Sem	3,56 b	68,68 b	103,45 b	66,15 b	42,41 a	3,02 b

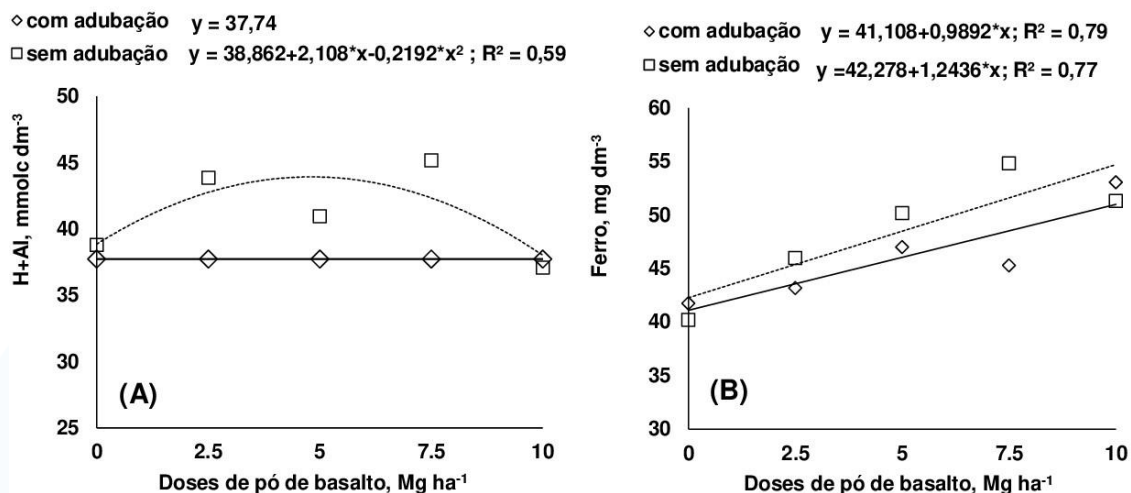
Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade.

Fonte: Próprios autores (2023)

3.2 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO – CAMADA DE 10-20 CM

Houve interação entre doses de pó de basalto e adubação química complementar para acidez potencial ($p < 0,01$) e teor de ferro ($p < 0,05$) (Figuras 3a e 3b). Efeito isolado das doses de pó de basalto para a variável pH água, pH em CaCl₂, V% e Cu (Figuras 4a, 4b, 4c e 4d), e efeito isolado da adubação para as variáveis pH água, pH em CaCl₂, P, K, V% e Fe (Tabela 2).

Figura 3. Teor de H+Al (A) e ferro no solo na camada 10-20cm, em relação a doses de pó de basalto e adubação química adicional. * significativo a 5%.

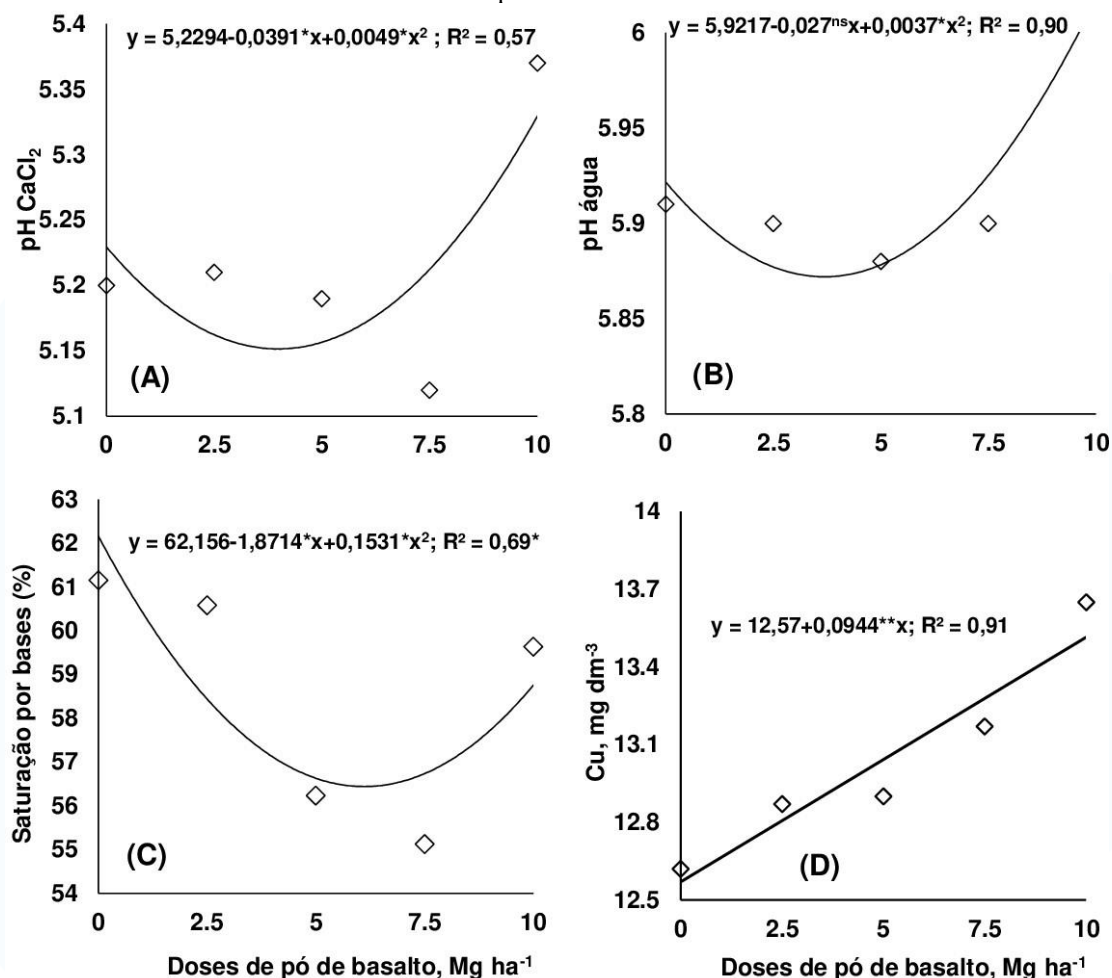


Fonte: Próprios autores (2023)

Para os teores de H+Al os dados dos tratamentos sem adubação se ajustaram ao modelo polinomial, obtendo-se valores máximos 43,9 mmolc dm⁻³ de H+Al estimado na dose 4,8 Mg ha⁻¹ de pó de basalto. Para o tratamento com adubação química, os dados não se ajustaram a nenhum modelo matemático, obtendo-se média de 37,74 mmolc dm⁻³ de H+Al (Figura 3a). Segundo Pádua (2012), o pó de basalto pode contribuir na correção da acidez do solo.

Os dados do teor de Fe se ajustaram ao modelo linear crescente, independente da adubação (Figura 3b), o que era esperado devido a composição da rocha basáltica, entretanto, observa-se os maiores valores de Fe nos tratamentos que não receberam adubação.

Figura 4. pH em CaCl_2 (A), pH em água (B), saturação por bases (C) e teor de cobre do solo (D) na camada 10-20 cm, em relação a doses de pó de basalto. * e ns: significativo a 5% e não significativo, respectivamente.



Fonte: Próprios autores (2023)

Os valores de pH CaCl_2 e pH H_2O se ajustaram ao modelo polinomial, obtendo-se valores mínimos de pH CaCl_2 5,15 estimado na dose 3,9 Mg ha^{-1} de pó de basalto, e pH água 5,87 estimado na dose 3,65 Mg ha^{-1} de pó de basalto (Figuras 4a e 4b). Em comparação com os respectivos valores de pH presentes na análise de solo realizada anteriormente a implantação da cultura, observou-se um aumento nos teores de pH tanto para CaCl_2 quanto para água, isto pode ser justificado pelo efeito alcalinizante do basalto, atuando na correção da acidez do solo (PÁDUA, 2012). O aumento nos valores de pH decorrente da aplicação do pó de basalto provavelmente está associado a reação dos óxidos Ca e Mg presentes nesse material, liberando assim OH^- (base). O aumento do pH

do solo favorece a precipitação do Al^{3+} na forma de $Al(OH)_3$ e nessas condições acabam favorecendo o desenvolvimento do sistema radicular da maioria das espécies vegetais.

Os dados de saturação por bases (V%) se ajustaram ao modelo polinomial, obtendo valor mínimo 56,43% na dose 6,11 $Mg\ ha^{-1}$ de pó de basalto (Figura 4c), considerado um valor mediano para referência como proposto por Sobral et al. (2015). Ocorreu aumento dos elementos K, Ca e Mg na camada 10-20 cm, quando comparados aos atributos químicos antes a instalação do experimento na mesma camada, ocasionando consequentemente um aumento da soma de bases, isto explica a alteração na saturação por bases.

Os dados para teor de Cu se ajustaram ao modelo linear crescente (Figura 4d). O basalto possui cobre em sua composição, desta forma, pode-se explicar o aumento linear do teor de cobre com a adição de maiores doses de pó de rocha, este dado pode ser corroborado por estudo de Melo et al. (2012) que demonstra o mesmo comportamento de aumento de Cu com doses crescentes de pó de rocha.

Para o efeito isolado das variáveis pH em água, pH em $CaCl_2$, P, K, V% e Fe do solo coletado na camada de 10-20 cm (Tabela 2). Observa-se que os valores de pH em água, pH em $CaCl_2$, P, K, V% foram maiores estatisticamente nos tratamentos que receberam adubação química e somente o teor de Fe foi maior nos tratamentos sem adição da adubação.

O aumento do pH dos solos nos tratamentos com adição de adubação mineral pode ser justificado pelos maiores teores de Ca disponíveis no solo, esta atribuída a adsorção de H e Al, à troca de ânions entre o OH terminal de óxidos de Fe e Al e os ânions orgânicos, também está relacionado pelo aumento do potencial de oxidação biológica de ânions orgânicos (CHAVES, 2000).

Os maiores teores para fósforo e potássio ocorrem pela formulação da adubação mineral adicionada nos tratamentos com adubo NPK (5-25-6), segundo estudos de Chaves (2000) os tratamentos com adubação no sulco do semadura são mais facilmente contemplados na camada 10-20 cm do solo.



Tabela 2. Teor de pH em água, pH em CaCl₂, Fósforo (P), Potássio (K), Saturação por bases (V%), Ferro (Fe), em solo da camada de 10-20 cm, que recebeu as doses de pó de basalto, com e sem adubação química complementar.

Adubação	pH água	pH CaCl ₂	P	K	V%	Fe
Com	5,32 a	5,99 a	7,72 a	2,51 a	60,77 a	46,05 b
Sem	5,17 b	5,86 b	5,54 b	1,84 b	56,31 b	49,65 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. Fonte: Próprios autores (2023)

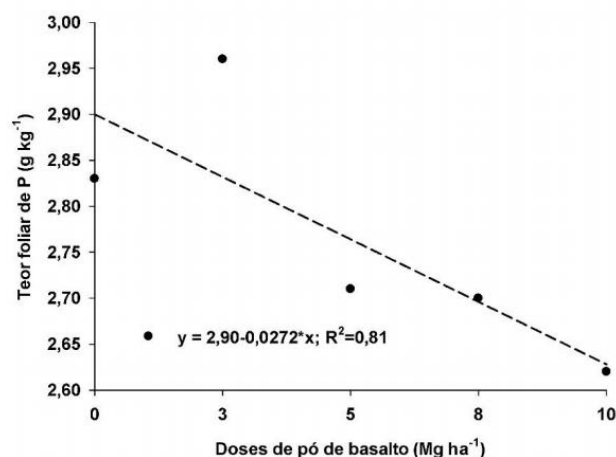
3.3 ESTADO NUTRICIONAL DA SOJA

Somente houve efeito significativo ($p < 0,01$) das doses de pó de basalto para o teor de P. Na análise do estado nutricional das plantas de soja, os teores de N, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn estão dentro dos níveis de suficiência proposto por Sfredo et al. (1986).

Observa-se redução do teor foliar de P de forma linear (Figura 5). Entretanto, quando estima-se o teor de P na maior dose de pó de basalto (10 Mg ha^{-1}), obtém-se o valor de $2,63 \text{ g kg}^{-1}$ de P, valor este considerado suficiente para o desenvolvimento da cultura da soja (SFREDO et al., 1986), ou seja, mesmo adicionando 10 Mg ha^{-1} de pó de basalto, o teor foliar de P se mantém na faixa adequada para o desenvolvimento da cultura.

Devido aos teores dos nutrientes nos solos se encontrarem adequados para o crescimento e desenvolvimento da cultura da soja, antes da implantação do experimento, não ocorreu resposta da soja às doses de pó de basalto e adubação, refletindo na não significância dos tratamentos.

Figura 5. Teor foliar de fósforo na cultura da soja, em relação a doses de pó de basalto. *: significativo a 5%.



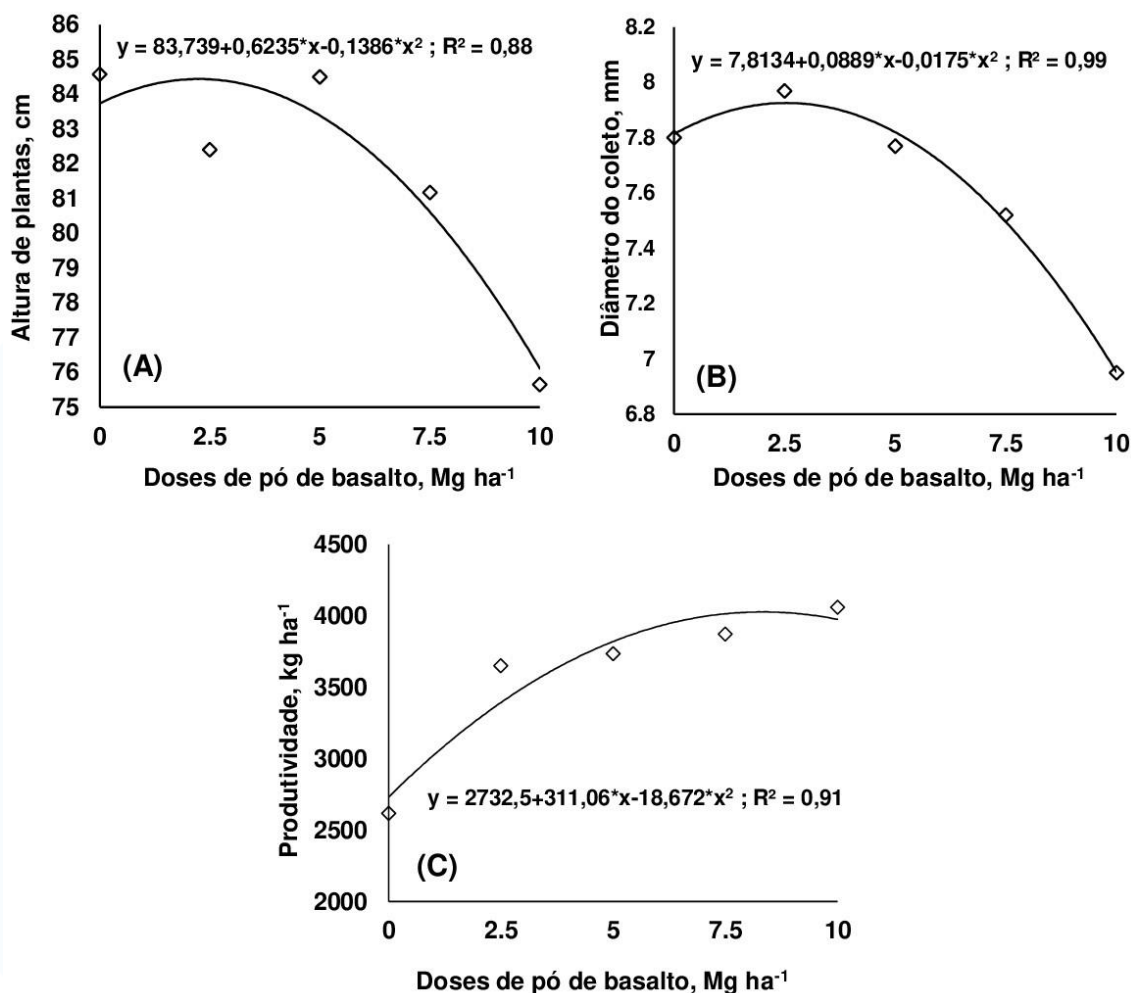
Fonte: Próprios autores (2023)

3.4 VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS, COMPONENTES DE PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA SOJA

Houve efeito isolado de doses de pó de basalto somente para as variáveis altura de planta ($p < 0,01$), diâmetro de coleto ($p < 0,05$) e produtividade ($p < 0,10$) (Figuras 6a, 6b e 6c, respectivamente). Para número de vagens não houve diferença entre os tratamentos, obtendo como média 74 vagens por planta.

Os dados de altura de plantas se ajustaram ao modelo polinomial, obtendo altura máxima de plantas de 84,4 cm, estimado na dose 2,25 Mg ha⁻¹ de pó de basalto (Figura 6a).

Figura 6. Altura de plantas (A), diâmetro do coleto (B) e produtividade da cultura da soja (C), em relação a doses de pó de basalto. *: significativo a 5%.



Fonte: Próprios autores (2023)

Os dados de diâmetro do coleto se ajustaram ao modelo polinomial, obtendo diâmetro máximo de 7,9 mm, estimado na dose 2,54 Mg há⁻¹ de pó de basalto (Figura 6b). O diâmetro máximo pode ser justificado pela menor população de plantas no tratamento com dosagem 2,5 Mg há⁻¹, avaliado pelo número de plantas por metro dentro de cada parcela. Essa hipótese corrobora com Gewehr et al. (2014), que verificaram que o aumento do número de plantas por hectare, ocasionou plantas com menor diâmetro do coleto.

Para a variável produtividade, os dados se ajustaram ao modelo polinomial, obtendo-se produtividade máxima de 4028 kg há⁻¹ estimado na dose 8,33 Mg há⁻¹ de pó de

basalto (Figura 6c). Esse resultado pode ser explicado pelas melhorias nos atributos químicos do solo, principalmente pela melhoria no pH. Theodoro et al. (2010) afirmam que rochas básicas como o basalto possui maior efeito alcalinizante, atuando na correção do solo, de modo a garantir maiores disponibilidades de nutrientes no solo para absorção das plantas.

Os dados apresentados referem-se aos principais resultados observados na primeira safra após a aplicação do pó de basalto, com o cultivo de soja. Vale ressaltar que os experimentos são permanentes e continuam sendo amostrados e analisados periodicamente. Essa é a estratégia do estudo, para que se obtenha informações de ao menos dois anos de monitoramento dos efeitos do pó de basalto no solo da região e nas culturas previamente definidas.

4 CONCLUSÕES

A adubação química influenciou os teores dos nutrientes e valores de SB, CTC, V%. Na camada de 0-10 cm houve aumento dos valores de SB, CTC e V% e no teor de K. Na camada de 10-20 cm contribuiu com aumento nos valores de pH e V% e nos teores de P e K.

A adição do pó de basalto contribuiu para aumento nos teores de Fe nas duas camadas de solos avaliadas, com incremento também de Cu e redução da V% na camada de 10-20 cm.

Altura de plantas e diâmetro do coleto da soja foram influenciadas pela adição do pó de basalto, com maiores valores de altura e diâmetro de coleto observados com a adição de 2,5 Mg ha⁻¹ de pó de basalto.

A produtividade da cultura da soja foi influenciada pela adição de pó de basalto, com produtividade máxima obtida na dose de 8,3 Mg ha⁻¹.

REFERÊNCIAS

ALOVISI, A. M. T.; FRANCO, D.; ALOVISI, A. A.; HARTMANN, C. F.; TOKURA, L. K.; SILVA, R. S. da. Atributos de fertilidade do solo e produtividade de milho e soja influenciados pela rochagem. Edição Especial: II Seminário de Engenharia de Energia na Agricultura. *Acta Iguazu*, v. 6, n. 5, p. 57-68, 2017. ISSN: 2316-4093

CHAVES, J. C. D. **Efeito de adubações mineral, orgânica e verde sobre a fertilidade do solo, nutrição e produção do cafeeiro**. 2000.

CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: EmbrapaCNPS, 1997. (Documentos, 1).

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*. [online]. 2014, v. 38, n.2 [citado 2015-10-17], pp. 109-112. Disponível em: ISSN 1413-7054. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>.

FIETZ, C. R.; FISCH, G. F.; COMUNELLO, E.; FLUMIGNAN, D. L. **O clima da região de Dourados, MS**. 3 ed. rev. Atual. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2017. (Documentos, 138).

GEWEHR, E.; FONSECA, D. A. R.; RODRIGUES, G. F.; CORREA, O. O.; KONZEN, L. H.; CHAGAS, H. L.; SCHUCH, L. O. B.; VERNETTI JUNIOR, F. J. Influência da População de Plantas: Caracterização Morfológica de Cultivares de Soja em Solos de Várzeas Irrigação por Aspersão. In: 40ª REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL - **ATAS E RESUMOS**. Pelotas: Embrapa, jul. 2014.

LUCHESE, E. B.; FAVERO, L. O. B.; LENZI, E. **Fundamentos da química do solo, teoria e prática**. Rio de Janeiro: Freitas bastos, 2002. 182p.

MACHADO, C. T. T.; RESENDE, A. V.; MARTINS, E. S.; SOBRINHO, D. A. S.; NASCIMENTO, M. T.; FALEIRO, A. S. G.; LINHARES, N. W.; SOUZA, A. L.; CORAZZA, E.J. (2005) Potencial de rochas silicáticas no fornecimento de potássio para culturas anuais: II. Fertilidade do solo e suprimento de outros nutrientes. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 30. Recife, **Anais**. Recife: UFRPE/SBCS. (CD-rom).

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba, POTAFOS, p. 232-258, 1997.

MARTINS, E. S. **Uso potencial de rochas regionais como fontes de nutrientes e condicionador do solo**. Jataí: EMBRAPA Cerrados, 2010.

MELO, V. F.; UCHOA, C. P.; DIAS, F. O.; BARBOSA, G. F. Doses de basalto moído nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo distrófico da savana de Roraima. *Acta Amazônica*. Manaus, v. 42, n. 4, p. 471-476, 2012.

PÁDUA, E. J. **Rochagem como adubação complementar para culturas oleaginosas.** Dissertação (mestrado), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** 2.ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

SANTOS, A. M. Alguns dados geoquímicos sobre solos do Brasil: uso potencial do pó de pedra como fonte de nutrientes críticos em solos altamente lixiviados. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 29, Ouro Preto, SBG. **Boletim de resumos**, p.160-161. 1976.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3.ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.

SAS - SAS, 1985. **User's guide: Statistics**, version 5 Edition. Cary, NC: SAS Institute. 1985.

SCHIAVON, M. A.; REDONDO, S. U. A.; YOSHIDA, I. V. P. Thermal and morphological characterization of basalt continuous fibers. **Cerâmica**, v. 53, n. 326, p. 212–217, 2007.

SÉKULA, C. R. **Características químicas do solo e produção de grandes culturas com rochagem e biofertilizantes.** 2011. 52p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Centro – Oeste, Unicentro – PR – PPGA. 2011.

SFREDO, G. J.; LANTMANN, A. F.; CAMPO, R. J.; BORKERT, C. M. **Soja, nutrição mineral, adubação e calagem.** Londrina: EMBRAPA-CNPSO. 1986. 21 p. (EMBRAPA-CNPSO, Documentos, 64).

SOBRAL, L. F.; BARRETO, M. C. V.; SILVA, A. J.; ANJOS, J. L. **Guia prático para interpretação de resultados de análise de solo.** Embrapa Tabuleiros Costeiros: Aracaju, 2015, 13 p. (Documentos, 206).

THEODORO, S. C. H.; LEONARDOS, O. H. Sustainable farming with native rocks: the transition without revolution. **Anais da Academia Brasileira de Ciências.** Rio de Janeiro/RJ, v. 78, n. 4, p. 715-720, 2006.

VAN STRAATEN, P. Farming with rocks and minerals: challenges and opportunities. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 73, n. 4, p. 731-747. 2006.