

Pó de rocha como condicionador de solo para o feijoeiro no norte de Minas Gerais

Rock powder as a soil conditioner for beans crop in north of Minas Gerais

Polvo de roca como acondicionador del suelo para frijoles en el norte de Minas Gerais

Recebido: 16/07/2021 | Revisado: 24/07/2021 | Aceito: 29/07/2021 | Publicado: 05/08/2021

Pablo Fernando Santos Alves

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9715-9111>
Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil
E-mail: pablofernando.agro@gmail.com

Regynaldo Arruda Sampaio

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3214-6111>
Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil
E-mail: rsampaio@ufmg.br

Marcos Koiti Kondo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6875-4907>
Universidade Estadual de Montes Claros, Brasil
E-mail: marcos.kondo@unimontes.br

Verônica Godinho Ferreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4344-8222>
Universidade Estadual de Montes Claros, Brasil
E-mail: veronica.agrounimontes@gmail.com

Rodinei Facco Pegoraro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8692-9296>
Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil
E-mail: rodinei_pegoraro@yahoo.com.br

Resumo

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) constitui um alimento básico na dieta brasileira, atuando como fonte de proteína vegetal de baixo custo. Apesar da possibilidade de ser cultivado em diferentes condições edafoclimáticas e tecnológicas, o seu cultivo em regiões de baixa fertilidade ou a ocorrência de manejo incorreto da fertilidade pode limitar a sua produtividade. Objetivou-se verificar o efeito do pó de ardósia e rocha calcária na produtividade, componentes de produção e atributos físicos do solo em área cultivada com feijoeiro comum no norte de Minas Gerais. Para isso foi instalado um experimento no delineamento de blocos casualizados com quatro repetições, adicionalmente foram incluídos dois tratamentos testemunhas. Os tratamentos consistiram de cinco doses de pó de ardósia: 0; 1,25; 2,5; 3,75 e 5,0 t.ha⁻¹. Os tratamentos testemunhas foram constituídos da aplicação de pó de rocha calcária na dose de 1,0 t.ha⁻¹ combinados ou não com o uso do pó de ardósia na dose de 2,5 t.ha⁻¹. O aporte de potássio e magnésio ao solo com a utilização do resíduo de ardósia pode ter contribuído com incrementos de até 11,10 e 54%, respectivamente, na massa de mil grãos e na produtividade do feijoeiro. O pó de rocha calcária não interfere na produção, e nos componentes de produção do feijoeiro. Ambos os pós de rocha testados não interferem nos atributos físicos do solo.

Palavras-chave: Reaproveitamento de resíduos; *Phaseolus vulgaris*; Produtividade; Atributos físicos.

Abstract

The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is a staple food in the Brazilian diet, acting as a low-cost source of vegetable protein. Despite the possibility of being cultivated in different edaphoclimatic and technological conditions, its cultivation in regions of low fertility or the occurrence of incorrect fertility management can limit its productivity. The objective of this study was to verify the effect of slate dust and limestone on productivity, production components and soil physical attributes in an area cultivated with common bean in the north of Minas Gerais. For this, an experiment was installed in a randomized block design with four replications, additionally two control treatments were included. Treatments consisted of five doses of slate powder: 0; 1.25; 2.5; 3.75 and 5.0 t.ha⁻¹. The control treatments consisted of the application of limestone powder at a dose of 1.0 t.ha⁻¹, combined or not with the use of slate powder at a dose of 2.5 t.ha⁻¹. The contribution of potassium and magnesium to the soil with the use of slate residue may have contributed to increases of up to 11.10 and 54%, respectively, in the mass of a thousand grains and in the productivity of the bean plant. Limestone powder does not interfere with the production and production components of the bean plant. Both tested rock powders do not interfere with the physical attributes of the soil.

Keywords: Reuse of waste; *Phaseolus vulgaris*; Productivity; Physical attributes.

Resumen

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es un alimento básico en la dieta brasileña, actuando como una fuente de proteína vegetal de bajo costo. A pesar de la posibilidad de ser cultivado en diferentes condiciones edafoclimáticas y tecnológicas, su cultivo en regiones de baja fertilidad o la ocurrencia de un manejo incorrecto de la fertilidad puede limitar su productividad. El objetivo de este estudio fue verificar el efecto del polvo de pizarra y piedra caliza sobre la productividad, los componentes productivos y los atributos físicos del suelo en un área cultivada con frijol común en el norte de Minas Gerais. Para ello, se instaló un experimento en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, adicionalmente se incluyeron dos tratamientos control. Los tratamientos consistieron en cinco dosis de polvo de pizarra: 0; 1,25; 2,5; 3,75 y 5,0 t.ha⁻¹. Los tratamientos de control consistieron en la aplicación de polvo de piedra caliza a una dosis de 1.0 t.ha⁻¹, combinado o no con el uso de polvo de pizarra a una dosis de 2.5 t.ha⁻¹. El aporte de potasio y magnesio al suelo con el aprovechamiento de residuos de pizarra pudo haber contribuido a incrementos de hasta 11,10 y 54%, respectivamente, en la masa de mil granos y en la productividad del frijol común. El polvo de piedra caliza no interfiere con la producción y los componentes de producción de la planta de frijol. Ambos polvos de roca probados no interfieren con los atributos físicos del suelo.

Palabras clave: Reutilización de residuos; *Phaseolus vulgaris*; Productividad; Atributos físicos.

1. Introdução

O Brasil se destaca como o maior produtor e consumidor de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) do mundo, com uma produção estimada na safra 2019/20 de 3 milhões de toneladas, em uma área de 2,9 milhões de hectares (CONAB 2020). O estado de Minas Gerais é o segundo maior produtor de grãos de feijão, com 16,50% da produção nacional (IBGE, 2020). Na região Norte de Minas Gerais, onde a maioria das cidades possui como principal atividade econômica a agricultura, o cultivo dessa leguminosa é tradicional e de grande importância socioeconômica. Apesar das altas produtividades em algumas regiões, o uso e manejo incorreto do solo e/ou a ocorrência de solo com baixo nível de fertilidade tem limitado a produção em algumas localidades (Castro & Crusciol, 2013).

Nesse contexto, a utilização de condicionadores de solo que favoreçam um adequado ambiente para o desenvolvimento das culturas pode ser alternativa no sentido de maximizar as produtividades obtidas.

Almeida (2018) reporta que o uso de condicionadores de solo como os pó de rocha são de fundamental importância porque atingem três importantes pilares da sustentabilidade: i) Ambiental, pela origem da rocha, naturalmente encontrada na região, apenas britada e moída, sem necessidade de ser submetida a processos industriais; ii) Econômico, pois proporciona a diminuição dos custos de fertilização das lavouras, e; iii) Social, por agregar emprego e renda localmente na produção e distribuição do seu entorno.

De acordo com Silva (2015) o pó de ardósia é o resíduo gerado da mineração e produção de ardósias, que por sua vez caracterizam-se como rochas metamórficas de baixo grau de metamorfismo, de composição geológica similar à composição das argilas e amplamente utilizadas na construção civil. O Brasil se destaca, atualmente, como o segundo maior produtor e exportador mundial de ardósia, sendo que 90% da produção é proveniente do estado de Minas Gerais, mais especificamente na região central do estado.

O pó de rocha calcária é o material resultante do processo de mineração de rochas calcárias, com ampla utilização na construção civil. A ação do calcário no solo produz efeitos amplamente conhecidos, tal como a neutralização de alumínio em formas tóxicas para as plantas, a elevação do pH com consequente disponibilização de nutrientes, especialmente o cálcio e o magnésio, dada a sua presença na composição química desse tipo de rocha (Caires et al., 2015; Xu et al., 2020).

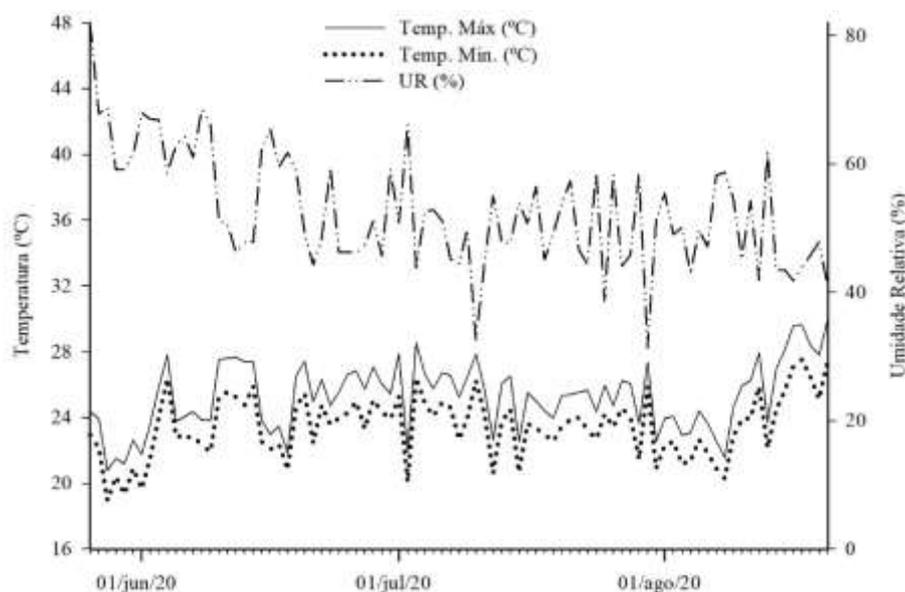
Apesar das potencialidades da utilização desses resíduos na agricultura, há poucos estudos que demonstrem a eficácia de sua utilização no rendimento das culturas e as possíveis alterações nos atributos do solo, especialmente no que se refere ao pó de ardósia. Dessa maneira é imprescindível que tais aspectos sejam avaliados, uma vez que a realização frequente da prática pode proporcionar, no decorrer do tempo, impactos negativos no sistema produtivo como um todo.

Diante do exposto os objetivos desse trabalho foram verificar o efeito do pó de ardósia e rocha calcária na produtividade, componentes de produção e atributos físicos do solo em área cultivada com feijoeiro comum no norte de Minas Gerais.

2. Metodologia

O experimento foi conduzido em área experimental situada em no município de Verdelândia-MG, nas coordenadas centrais (Longitude:656097,595 e Latitude:8264961,180, Projeção UTM, Zona 23 L), com altitude de 490m. O clima da região é Aw de acordo o sistema de classificação de Köppen's (Alvares et al., 2013). Na Figura 1 são apresentados os dados meteorológicos nas proximidades da área experimental, não houve incidência de chuva no período de condução do estudo.

Figura 1. Dados meteorológicos da área experimental no período de realização do estudo.



Fonte: INMET (2020).

O solo da área experimental é classificado como Cambissolo Háplico Eutrófico (EMBRAPA, 2018). Os atributos químicos e físicos da área experimental na profundidade de 0-0,2 m são apresentados (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do solo em área experimental na bacia do rio Pandeiros.

pH ¹	MO ²	P ³	K ³	Na ³	Ca ⁴	Mg ⁴	Al ⁴	H+Al ⁵	SB	t	T
	dag.kg ⁻¹	mg.dm ⁻³			cmol.c.dm ⁻³						
7,0	3,5	2,9	118	0,1	11,5	1,7	0,0	1,0	13,6	13,6	14,6
V	m	B ⁶	Cu ³	Fe ³	Mn ³	Zn ³	Argila	Silte	Areia		
— % —		— mg.dm ⁻³ —					— g.kg ⁻¹ —				
93	0	0,3	0,6	34,2	112,0	2,1	328	412	260		

¹pH em água; ²Colorimetria; ³Extrator mehlich-1; ⁴Extrator: KCl 1 mol.L⁻¹; ⁵pH SMP; ⁶Extrator CaCl₂; ⁷Extrator Ca(H₂PO₄)₂, 500mg.L de P em HOAc 2mol.L; ⁸Solução equilíbrio de P; SB, Soma de bases; t, CTC efetiva; T, CTC a pH 7; V, Saturação por bases; m, Saturação por alumínio; Fonte: Autores.

O preparo do solo foi realizado de maneira convencional (gradagem). Em seguida a área foi sulcada e adubada de

maneira manual, com o espaçamento ajustado para 0,4 m entre fileiras. As parcelas experimentais foram constituídas por seis linhas de 4 m cada, totalizando área de 9,6 m². Foram consideradas como linhas úteis as duas fileiras centrais, desprezando-se 0,50 m em cada uma das extremidades, perfazendo área útil de 2,4 m².

A adubação foi calculada conforme resultados da análise de solo, e com base na recomendação para a cultura do feijão (Chagas et al., 1999) considerando o nível tecnológico 3 e conforme o delineamento experimental. A adubação de plantio foi realizada aplicando-se MAP visando o fornecimento de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 18 kg.ha⁻¹ de N. A adubação nitrogenada de cobertura foi feita utilizando-se ureia, visando à aplicação de 52 kg.ha⁻¹ de N (parcelada aos 20 e 30 dias após a emergência). O plantio foi feito na safra de outono-inverno de 2020 utilizando a cultivar “Rosinha” e visando um estande de 280.000 plantas ha⁻¹.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Ao todo foram sete tratamentos, sendo cinco doses de Pó de Ardósia (P.A.) (0; 1,25; 2,5; 3,75 e 5,0 t.ha⁻¹), mais dois tratamentos adicionais (Adicional 1: 2,5 t.ha⁻¹ de pó de ardósia + 1,0 t.ha⁻¹ de pó de rocha calcária (P.C.); Adicional 2: 1,0 t.ha⁻¹ de pó de rocha calcária). A aplicação foi realizada a lanço nas parcelas experimentais.

O pó de ardósia foi obtido por doação em uma empresa mineradora na região de Pompéu-MG, já o Pó de rocha foi obtido por doação de uma mineradora no município de Verdelândia-MG, distante 17 km da área experimental, cujas características químicas encontram-se na Tabela 02.

Tabela 2. Características físico-química do pó de ardósia e pó calcário.

	Pó de Ardósia (P.A)	Pó de Rocha Calcária (P.C)
P ₂ O ₅ (%)	0,16	0,12
K ₂ O (%)	3,77	—
CaO (%)	1,16	31,2
MgO (%)	2,82	19,6
Na ₂ O (%)	1,72	—

Fonte: Características do Pó de ardósia obtidos em Chiodi Filho et al. 2003 e as características do pó calcário resultados informados pela empresa doadora do material.

A irrigação foi realizada por meio do sistema de microaspersão, com turno de rega fixo de um dia. Os demais tratamentos culturais seguiram o recomendado para a cultura.

A colheita foi realizada quando os grãos atingiram a maturidade fisiológica, entre 78 e 80 dias após a emergência (DAE), sendo arrancadas e contadas as plantas da área útil das parcelas, contabilizado o número de vagens totais e estimados posteriormente o número de vagens por planta (NVP). As vagens foram debulhadas manualmente e os grãos armazenados em embalagem de papel. A massa de 1000 grãos (MMG) foi determinada conforme as regras para análise de sementes – RAS (BRASIL, 2009), corrigindo-se os valores para 13% de umidade. A produtividade (PROD) de grãos foi estimada pela pesagem dos grãos colhidos na área útil de cada parcela, transformando-os para kg.ha⁻¹, corrigindo-se também os valores para 13% de umidade. O número de grãos por vagem (GV) foi estimado através da razão entre o número de sementes da área útil das parcelas (obtido em função da massa de mil grãos e a massa de grãos colhidos na área útil) e o número de vagens contabilizadas.

Ao final do ciclo do feijoeiro foi determinada a estabilidade de agregados através dos índices diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG), percentual de agregados >2,00 mm (AGRE2), percentual de agregados > 0,25 mm (Kemper; Rosenau, 1986) e os demais atributos físicos do solo: argila dispersa em água (ADA); grau de

floculação (GF); Volume total de poros (VTP); Macroporosidade (MACP); microporosidade (MICP); Densidade do Solo (DS); As análises foram realizadas conforme metodologias prescritas em EMBRAPA (2017).

Os dados foram submetidos à análise de variância, quando constatada significância até o nível de 0,05 realizou-se a análise de regressão. Para comparação das médias de tratamentos em relação aos tratamentos adicionais foi realizado o teste de Dunnett ao nível de 0,05 de significância. As análises estatísticas foram realizadas em ambiente R (R Core Team, 2021).

3. Resultados e Discussão

3.1 Produtividade e Componentes de Produção

Os resultados da análise de variância indicaram que apenas as variáveis MMG e PROD apresentaram resultados significativos quanto ao efeito das doses de pó de ardósia. As variáveis NVP e GV apresentaram respectivamente médias de 11,64 e 3,95 (Tabela 3).

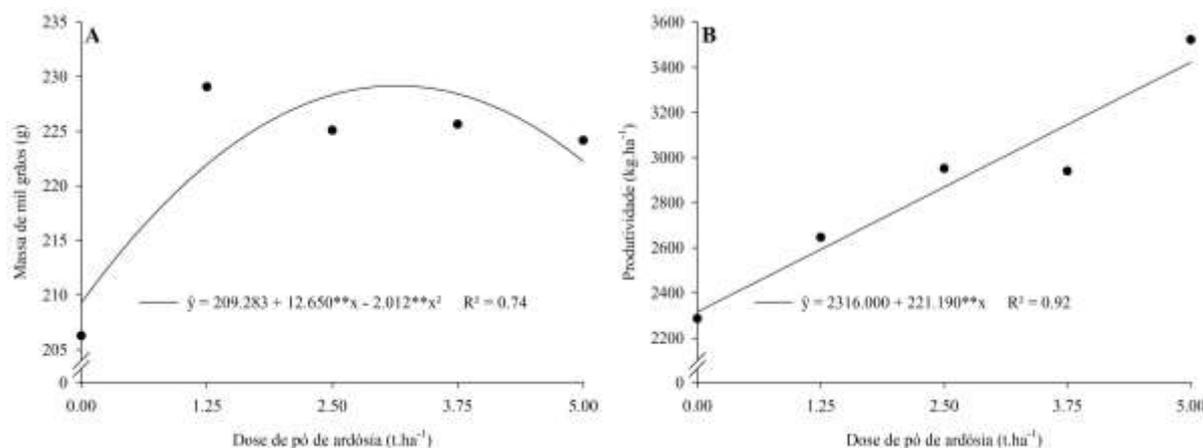
Tabela 3. Resumo da Análise de variância (Quadrados médios) e médias gerais para os componentes de produção e produtividade do feijoeiro sob uso de pó de rocha e cultivado com feijoeiro no norte de Minas Gerais.

Fonte de Variação	GL	NVP	MMG	GV	PROD
Tratamentos (T)	6	1,8149 ^{ns}	229,4086 ^{ns}	0,1509 ^{ns}	728278,3521 ^{ns}
Doses (D)	4	1,5886 ^{ns}	324,8814*	0,1246 ^{ns}	827332,5187*
Testemunhas (Test)	1	0,1200 ^{ns}	8,6944 ^{ns}	0,4005 ^{ns}	842888,8203 ^{ns}
Doses vs Test	1	4,4151 ^{ns}	68,2313 ^{ns}	0,0067 ^{ns}	217451,2172 ^{ns}
Bloco	3	4,4303 ^{ns}	49,3549 ^{ns}	0,0366 ^{ns}	179101,2684 ^{ns}
Resíduo	18	2,2061	168,7532	0,1126	350588,0283 ^{ns}
Média/		11,64	221,06	3,95	2813,24
Unidade			g		kg.ha ⁻¹
CV (%)		12,76	5,87	8,50	21,05

(GL) Graus de liberdade; (ns) não significativo; (*) Significativo à 0,05 pelo teste F.
Fonte: Autores.

Em relação à MMG verificou-se um efeito quadrático em função do uso do pó de ardósia (Figura 2A), sendo observados incrementos nos valores dessa variável com valor máximo de 229,17g para dose de 3,14 t.ha⁻¹, com posterior redução dos valores verificados.

Figura 2. Massa de mil grãos (A) e produtividade (B) do feijoeiro em função do uso do pó de ardósia como condicionador de solo no norte de Minas Gerais.



Fonte: Autores.

Para a PROD foram verificados incrementos da ordem de 221,19 kg.ha⁻¹ para cada t.ha⁻¹ de pó aplicada ao solo (Figura 2B), sendo esses incrementos verificados para todas as doses testadas nas condições desse experimento.

Conforme exposto, a utilização do pó de ardósia pode promover melhorias nos componentes de produção e produtividade do feijoeiro, essas melhorias podem estar associadas principalmente ao aporte de nutrientes constituintes do material adicionado, principalmente o potássio, cujos valores médios nas ardósias do estado de Minas Gerais situam-se em 3,77% de K₂O, o magnésio (2,82% de MgO) e o cálcio (1,16% CaO) (Chiodi Filho, Artur & Rodrigues, 2003), o que representaria aportes variando de 0 a 188,5 kg.ha⁻¹ no caso do potássio, de 0 a 141 kg.ha⁻¹ de magnésio e 0 a 58 kg.ha⁻¹ de cálcio nas condições desse estudo.

No que tange a importância do potássio, Cui (2021) destaca que é um macroelemento essencial para muitos aspectos da vida das plantas, como fotossíntese, transporte pelo floema ou eletroquímica celular, através da atuação de várias enzimas que são cruciais para o metabolismo primário do carbono e do nitrogênio. Segundo Marschner (2012), o magnésio participa diretamente da atividade fotossintética, constituindo a molécula de clorofila, participando da ativação de diversas enzimas, como a glutatona sintetase e PEP carboxilase, na fosforilação e na translocação de fotoassimilados. Neuhaus et al. (2014) reportam que o Mg está envolvido no anabolismo de carboidratos e proteínas, exercendo influencia na formação das vagens e no rendimento do feijão-fava (*Vicia faba*). O cálcio é importante para a estabilização da parede celular e da membrana, osmorregulação e como segundo mensageiro, permitindo assim que as plantas regulem os processos de desenvolvimento em resposta a estímulos ambientais (Marschner, 2012).

Em consonância ao verificado no presente trabalho, Harthmann et al. (2018) verificaram que a dose de 2 t ha⁻¹ de pó de ardósia aplicada em Cambissolo proporcionou incrementos no número de vagens por plantas e na massa de grãos de feijão crioulo.

3.2 Atributos físicos do solo

A análise de variância indicou que não houve efeito da utilização do pó de ardósia e do pó de rocha calcária em nenhum dos atributos físicos do solo, conforme se verifica (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da Análise de variância (Quadrados médios) e médias gerais para os índices de agregação do solo e atributos físicos do solo sob uso de pó de rocha e cultivado com feijoeiro no norte de Minas Gerais.

Fonte de Variação	GL	DMP	DMG	AGRE2	MacroAg	MicroAg	ADA
Tratamentos (T)	6	0,0040 ^{ns}	0,0014 ^{ns}	2,0265 ^{ns}	0,5811 ^{ns}	0,5811 ^{ns}	585,7262 ^{ns}
Doses (D)	4	0,0039 ^{ns}	0,0013 ^{ns}	1,9375 ^{ns}	0,6861 ^{ns}	0,6861 ^{ns}	360,0500 ^{ns}
Testemunhas (Test)	1	0,0022 ^{ns}	0,0015 ^{ns}	0,8373 ^{ns}	0,5363 ^{ns}	0,5363 ^{ns}	1275,1250 ^{ns}
Doses vs Test	1	0,0066 ^{ns}	0,0016 ^{ns}	3,5717 ^{ns}	0,2055 ^{ns}	0,2055 ^{ns}	799,0321 ^{ns}
Bloco	3	0,0148 ^{ns}	0,0065 ^{ns}	6,7234 ^{ns}	3,8691 ^{ns}	3,8691 ^{ns}	3542,9881 ^{ns}
Resíduo	18	0,0071	0,0020	3,6795	0,9405	0,9405	1476,0437
Média/		4,78	1,89	95,13	97,88	2,12	202
Unidade		mm	mm	%	%	%	g.kg ⁻¹
CV (%)		1,76	2,34	2,02	0,99	45,65	19,04
Fonte de Variação	GL	GF	VTP	MACP	MICP	DS	
Tratamentos (T)	6	46,8930 ^{ns}	0,0009 ^{ns}	0,0019 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	0,0050 ^{ns}	
Doses (D)	4	54,2856 ^{ns}	0,0010 ^{ns}	0,0026 ^{ns}	0,0007 ^{ns}	0,0068 ^{ns}	
Testemunhas (Test)	1	24,9992 ^{ns}	0,0011 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,0012 ^{ns}	
Doses vs Test	1	39,2164 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0016 ^{ns}	
Bloco	3	550,1102 ^{ns}	0,0031 ^{ns}	0,0053 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,0061 ^{ns}	
Resíduo	18	136,5881	0,0006	0,0019	0,0006	0,0074	
Média/		38,34	0,52	0,20	0,32	1,31	
Unidade		%	m.m ⁻³	m.m ⁻³	m.m ⁻³	g.cm ⁻³	
CV (%)		30,48	4,87	22,26	7,51	6,58	

(GL) Graus de liberdade; (ns) não significativo; (*) Significativo à 0,05 pelo teste F.
Fonte: Autores.

No geral o solo apresentava um bom estado de agregação, com médias de 4,78 mm para o DMP, 1,90 mm para o DMG e o predomínio de macroagregados, sendo que mais de 95% dos agregados corresponderam a fração de agregados maiores que 2 mm (AGRE2), conforme se verifica (Tabela 4).

A agregação do solo é dependente de fatores naturais, especialmente aqueles relacionados à mineralogia do solo, também, é decorrente das práticas de manejo, sobretudo aquelas que interferem nos estoques de carbono no solo, como a realização de queimadas e o plantio direto, entre outras (ALHO et al., 2014; SALES et al., 2016). O Cálcio, é um elemento que age no solo com efeito cimentante ao promover a floculação das argilas (Abbaslou, Hadifard & Ghanizadeh, 2020), conforme verifica-se na Tabela 1 que o nível desse elemento no solo antes da implantação do experimento já se encontrava em valores elevados, o que pode ter contribuído para que os resíduos adicionados ao solo não incrementassem a agregação do solo.

Pooni et al. (2020) verificaram que a adição de material cimentante rico em cálcio e alumínio promove a estabilidade do solo, apontando três mecanismos principais: realização de trocas catiônicas, floculação e aglomeração de argilas e hidratação cimentícia.

Em relação aos demais atributos não foi verificada nenhuma restrição quanto a utilização do pó de rocha (Ardósia ou Calcário) (Tabela 4). Resultados esses que são coerentes aos bons níveis de produtividade verificado na condição desse experimento. Almeida (2018) verificou que o uso de rocha também não interfere nos atributos físicos do solo, porém com melhorias significativas nos atributos químicos do solo. Por sua vez, Paradelo et al. (2007) reporta que a utilização de pó de ardósia associada com outras fontes de matéria orgânica como condicionador de solo, além de diminuir o impacto ambiental causado pelas atividades de mineração a céu aberto, melhora a qualidade do solo pelo aumento da retenção de água e da consistência do solo, o que contribui para o estabelecimento da cobertura vegetal.

A ausência de resultando depreciativos da qualidade física do solo indica que, a curto prazo, a utilização do pó de rocha não ocasiona problemas para utilização como condicionador de solo para a cultura do feijoeiro, estabelecendo assim que a decisão pela escolha de utilização ou não do resíduo deve ser pautada pelos possíveis incrementos em produtividade da

cultura, pela ausência de outros fatores restritivos a qualidade química e biológica do solo e a viabilidade econômica da sua utilização. Entretanto, é imprescindível a avaliação desses parâmetros a longo prazo, uma vez que há o risco de que aplicações frequentes associadas a alta doses de aplicação possam vir a comprometer a qualidade do solo a nível que possa reduzir o desenvolvimento das culturas.

4. Conclusões

O uso do pó de ardósia como condicionador de solo, nas condições de estudo, promove incrementos de até 11,10% na massa de mil grãos e até 54% na produtividade da cultura do feijoeiro.

O pó de rocha calcária não interfere na produtividade e nos componentes de produção do feijoeiro.

O uso do pó de ardósia e o pó de rocha calcária como condicionador de solo não influenciam nos atributos físicos do solo.

Agradecimentos

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsas. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. À Fazenda Alegre pela cessão do espaço para realização do experimento.

Referências

- Abbaslou, H., Hadifard, H., & Ghanizadeh, A. R. (2020). Effect of cations and anions on flocculation of dispersive clayey soils. *Heliyon*, 6(2), e03462. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03462>
- Alho, L. C., Campos, M. C. C., Silva, D. M. P. da, Mantovanelli, B. C., & Souza, Z. M. de. (2014). Variabilidade espacial da estabilidade de agregados e estoque de carbono em Cambissolo e Argissolo. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 44(3), 246–254. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632014000300001>
- Almeida, A. N. *Atributos químicos e físicos de latossolo decorrentes da aplicação de pó de metabasalto*. (2018). 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS. 2018.
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. D. M., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711–728.
- BRASIL - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2009). Regras para análise de sementes. DNDV/CLAV, 365p.
- Caires, E. F., Haliski, A., Bini, A. R., & Scharr, D. A. (2015). Surface liming and nitrogen fertilization for crop grain production under no-till management in Brazil. *European Journal of Agronomy*, 66, 41–53. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.02.008>
- Castro, G. S. A., & Crusciol, C. A. C. (2013). Effects of superficial liming and silicate application on soil fertility and crop yield under rotation. *Geoderma*, 195–196, 234–242. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.12.006>
- Chagas, J., Braga, J., Vieira, C., Salgado, L., Junqueira Neto, A., Araújo, G., Andrade, M., Lana, R., & Ribeiro, A. (1999). Recomendação adubação para o feijão. In *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais*. (p. 306–308). Comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais.
- Chiodi Filho, C., Artur, A. C., & Rodrigues, E. de. P. (2003). Ardósias de Minas Gerais, Brasil: Características geológicas, petrográficas e químicas. *Geociências*, 22(2), 119–128.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. (2020). *Acomp. Safra bras. Grãos, v. 7—Safra 2019/20* (Oitavo levantamento, p. 1–66). CONAB. Recuperado em Julho 16, 2021, em <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos>
- Cui, J., & Tcherkez, G. (2021). Potassium dependency of enzymes in plant primary metabolism. *Plant Physiology and Biochemistry*, 166, 522–530. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.06.017>
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2017). *Manual de métodos de análises de solos*. (3a ed.), Embrapa Solos. 574 p.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2018). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. (5a ed.), 356p.

Harthmann, O. E. L., Scariot, M. H., Souza, B., & Rampelotti, M. (2018). Avaliação do uso do pó de rocha de ardósia na produção de feijão crioulo cultivadas no alto vale do Itajaí-SC: componente de rendimentos. *Anais da XI Mostra Nacional de Iniciação Científica e Tecnológica Interdisciplinar (MICTI)*, 1(11), 1–5.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2020). *Levantamento Sistemático da Produção Agrícola*. <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618>

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia (2020). *Tabela de dados das estações*. <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A563>

Kemper, W. D., & Rosenau, R. C. (1986). *Aggregate stability and size distribution* (Technical Bulletin N° 1355; SSSA Book Series, p. 425–442). Agricultural Research Service, USDA. <https://doi.org/10.2136/sssabookser5.1.2ed.c17>

Marschner, P. (2012). *Mineral Nutrition of Higher Plants* (3a ed). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00028-5>

Neuhaus, C., Geilfus, C., & Mühling, K. (2014). Increasing root and leaf growth and yield in Mg-deficient faba beans (*Vicia faba*) by MgSO₄ foliar fertilization. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 177(5), 741–747. <https://doi.org/10.1002/jpln.201300127>

Paradelo, R., Cendón, Y., Moldes, A. B., & Barral, M. T. (2007). A pot experiment with mixtures of slate processing fines and compost. *Geoderma*, 141(3), 363–369. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2007.07.002>

Pooni, J., Robert, D., Giustozzi, F., Setunge, S., Xie, Y. M., & Xia, J. (2020). Novel use of calcium sulfoaluminate (CSA) cement for treating problematic soils. *Construction and Building Materials*, 260, 120433. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120433>

R CORE TEAM. (2021). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.Rproject.org/>

Sales, R. P., Portugal, A. F., Moreira, J. A. A., Kondo, M. K., & Pegoraro, R. F. (2016). Qualidade física de um Latossolo sob plantio direto e preparo convencional no semiárido. *Revista Ciência Agronômica*, 47(3), 429–438. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160052>

Silva, R. de K. R. e. (2015). Propostas de aproveitamento de resíduos de ardósia da cidade de Pompéu, Minas Gerais. *Revista Intercâmbio*, 6, 86–95.

Xu, D., Carswell, A., Zhu, Q., Zhang, F., & de Vries, W. (2020). Modelling long-term impacts of fertilization and liming on soil acidification at Rothamsted experimental station. *Science of The Total Environment*, 713, 136249. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136249>