



# CRESCIMENTO DO FEIJOEIRO E FERTILIDADE DE UM LATOSSOLO VERMELHO DISTROFÉRRICO FERTILIZADO COM PÓ DE BASALTO E BIOCARVÃO

Mailis Aparecida Grosselli<sup>1</sup>, José Francisco Grillo<sup>2</sup>, Henrique von Hertwig Bittencourt<sup>3\*</sup>, Lisandro Tomas da Silva Bonome<sup>4</sup>, Leandro Michalovicz<sup>5</sup>

Submissão: 03/05/2024

Aceite: 14/08/2024

<sup>1</sup>Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS, Departamento de Agronomia, BR-158, s/n, CEP 85301-970 - Laranjeiras do Sul - PR, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-0580-0418>.

<sup>2</sup>Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS, Departamento de Agronomia, BR-158, s/n, CEP 85301-970 - Laranjeiras do Sul - PR, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7254-2883>.

<sup>3</sup>Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS, Departamento de Agronomia, BR-158, s/n, CEP 85301-970 - Laranjeiras do Sul - PR, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1324-383X>.

<sup>4</sup>Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS, Departamento de Agronomia, BR-158, s/n, CEP 85301-970 - Laranjeiras do Sul - PR, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4144-3014>.

<sup>5</sup>Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná - IDR-Paraná, Extensão Rural, Rua Dr. Laranjeiras, n. 829, Centro, CEP 85010-030 - Guarapuava - PR, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1692-4024>.

\*Email para correspondência: [henrique.bittencourt@uffs.edu.br](mailto:henrique.bittencourt@uffs.edu.br)

**Resumo:** Este trabalho objetivou avaliar alternativas de fertilização do solo para o feijoeiro cv. IPR Tuiuiú, em sistema orgânico. O experimento foi disposto em blocos casualizados em arranjo fatorial com 4 repetições, combinando-se doses de pó de rocha e biocarvão. Foram avaliadas as variáveis: massa seca total ha<sup>-1</sup>, comprimento da parte aérea planta<sup>-1</sup>, número de vagens planta<sup>-1</sup>, número de grãos vagem<sup>-1</sup>, produtividade de grãos ha<sup>-1</sup>, pH CaCl<sub>2</sub>, matéria orgânica do solo, P-Mehlich, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup> e CTC total. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância, e análise de regressão ou teste de comparação múltipla de médias de Tukey, conforme o caso. Para pH CaCl<sub>2</sub>, P-Mehlich, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, e CTC total houve interação (p<0,05) entre pó de rocha e biocarvão, elevando-se seus valores no solo. Observou-se o mesmo para o Al<sup>3+</sup>, porém com redução dos teores. Doses de pó de rocha influenciaram isoladamente os teores de matéria orgânica. O comprimento de parte aérea de feijão foi influenciado pela interação de pó de rocha e biocarvão, enquanto a massa seca total do feijão foi influenciada por ambos os fatores isoladamente. Conclui-se que tanto o pó de rocha basáltica quanto o biocarvão podem proporcionar efeitos positivos no solo e no crescimento do feijoeiro.

**Palavras-chave:** remineralizador; condicionador de solo; *Phaseolus vulgaris*; plantas de cobertura.

## 1. Introdução

A agricultura, sofreu constantes processos de transformação ao longo da história em diversas regiões do mundo, os quais promoveram inúmeros avanços tecnológicos no manejo e aumento expressivo na escala produtiva de diversas culturas agrícolas, impulsionada pela demanda crescente da população e indústria. Desta forma, a revolução verde aumentou a demanda por fertilizantes agrícolas (PIMENTEL; PIMENTEL, 1990) e, conseqüentemente, o consumo de combustíveis fósseis para a obtenção dos adubos nitrogenados tradicionais, enquanto as rochas fosfatadas são finitas e apresentam-se cada vez mais escassas (GILBERT, 2009). Este aumento da demanda mundial por fertilizantes fosfatados por exemplo, associado a escassez de reservas pode ocasionar aumento de preços, e conseqüentemente, reduzir sua acessibilidade aos agricultores (SCHOLZ; WELLMER, 2013).

Alternativas economicamente viáveis e eficientes na fertilização de áreas agrícolas são bem utilizadas nas práticas de manejo alternativo da fertilidade do solo e costumam focar na redução da dependência de insumos provenientes de lugares distantes e de tecnologias onerosas, do ponto de vista econômico e ambiental. Entre estas alternativas encontram-se os remineralizadores, condicionadores de solo e organismos solubilizadores de nutrientes (AZIZ et al., 2019), os quais podem resultar em respostas positivas do sistema solo-planta (YE et al., 2020). A combinação de remineralizador (SOUZA et al., 2017), com condicionador de solo (SILVA et al., 2022) pode auxiliar na recuperação de solos intemperizados, ainda mais quando aliados ao uso de plantas com potenciais de solubilização de nutrientes (ALMEIDA et al., 2022).

A rochagem é uma técnica de uso de rochas moídas que vem conquistando espaço por ser mais acessível e menos solúvel que os adubos minerais convencionais (BRITO et al., 2019), possibilitando no caso do P, através de sua liberação de forma mais lenta que as fontes fosfatadas convencionais, reduzir o processo de eutrofização de rios e lagos.

O biocarvão possui potencial em aumentar os teores e a eficiência de uso dos nutrientes aplicados ao solo. Além disto, a sua elevada capacidade de troca catiônica (CTC), irá proporcionar o aumento da retenção e redução da lixiviação de nutrientes no solo (GAO et al., 2016).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência de fertilização do solo com biocarvão e pó-de-rocha no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. IPR Tuiuiú) em sistema de produção orgânico.

## 2. Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido na Universidade Federal da Fronteira Sul Campus Laranjeiras do Sul (25°26'51" S e 52°27'12" O) em Latossolo Vermelho distroférico de textura argilosa (EMBRAPA, 2018) (Tabela 1). A altitude é de 777 m e o clima é classificado como Cfb segundo Köppen. A temperatura média anual é de 17,4°C com pluviosidade média anual de 1.800 mm.


**Tabela 1** – Atributos químicos do solo (0-20 cm) anterior ao período experimental.

pH	M.O.	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	CTC	V	P	S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				%	mg dm <sup>-3</sup>	
4,90	37,53	0,15	4,02	2,42	0,15	13,28	49,62	2,85	6,41

O experimento foi implantado a campo em delineamento de blocos casualizados (DBC), em arranjo fatorial com 4 repetições, combinando-se 4 doses de pó de rocha basáltica (fator A) 0; 2,5; 5,0, e 7,5 t ha<sup>-1</sup>; com 4 doses de biocarvão (fator B): 0; 6; 12; e 18 t ha<sup>-1</sup>. As parcelas foram constituídas com área total de 17,5 m<sup>2</sup> e útil de 10 m<sup>2</sup>.

As doses testadas de pó de rocha e biocarvão foram baseadas nas recomendações dos fabricantes e resultados de pesquisa obtidos por Puga (2015), cujos atributos químicos previamente determinados foram: a) Pó de rocha - Al (%) = 3,01; B (ppm) = < 10; Ca (%) = 2,19; K (%) = 0,08; Mg (%) = 0,57; P (ppm) = 742; S (%) = 0,19; Cu (ppm) = 149,40; Zn (ppm) = 62,00; Fe (%) = 4,87; Co (ppm) = 18,10; Mn (ppm) = 535,00; Mo (ppm) = 0,84; Ni (ppm) = 22,00; SiO<sub>2</sub> (%) = 55,10; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (%) = 10,90; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (%) = 14,90; CaO (%) = 8,45; MgO (%) = 3,99; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (%) = 0,18; K<sub>2</sub>O (%) = 1,29 e MnO (%) = 0,16; b) Biocarvão: pH H<sub>2</sub>O = 6,54; M.O. (g dm<sup>-3</sup>) = 0,16; Ca (g kg<sup>-1</sup>) = 5,70; K (g kg<sup>-1</sup>) = 4,00; Mg (g kg<sup>-1</sup>) = 1,90; N (g kg<sup>-1</sup>) = 2,30; P (g kg<sup>-1</sup>) = 44,40; S (g kg<sup>-1</sup>) = 23,50; B (mg kg<sup>-1</sup>) = 32,60; Fe (mg kg<sup>-1</sup>) = 289,50; Cu (mg kg<sup>-1</sup>) = 31,50; Mn (mg kg<sup>-1</sup>) = 303,50 e Zn (mg kg<sup>-1</sup>) = 21,00. Outras análises laboratoriais imediatas complementares foram realizadas logo após o recebimento do biocarvão (ABNT, 1986), para a determinação de umidade (5,88 %), cinzas (3,10 %), materiais voláteis (9,21 %) e carbono fixo (80,5 %).

O pó de rocha e o biocarvão foram distribuídos a lançar em novembro de 2018 e incorporado ao solo com uso de grade niveladora. Após esta etapa, seguiu-se a seguinte ordem de cultivo: feijão guandu (*Cajanus cajan* cv. IPR 43 Aratã) entre dezembro de 2018 e junho de 2019, nabo forrageiro (*Raphanus sativus* cv. IPR 116) entre julho e outubro de 2019 e feijão (*Phaseolus vulgaris* cv. IPR Tuiuiú) entre outubro de 2019 e janeiro de 2020. A escolha das culturas de cobertura de feijão guandu e nabo forrageiro foi baseada no potencial destas espécies na solubilização de nutrientes do solo (WUTKE et al., 2014). Durante os cultivos, todos os tratamentos culturais foram realizados de acordo com a necessidade.

As coletas das amostras compostas de solo (0-20cm) foram realizadas com auxílio de um trado, no estádio R6 da cultura do feijoeiro (florescimento pleno), sendo compostas por 2 amostras simples parcela<sup>-1</sup>. O preparo das amostras de solo (secagem e tamisagem) para fins de análises químicas seguiu o protocolo da Embrapa (2009), sendo determinado a acidez ativa (pH CaCl<sub>2</sub>), a acidez potencial (H+Al), o teor de matéria orgânica (M.O.), teor disponível de P-Mehlich 1, teores trocáveis de K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup> e calculada a capacidade de troca catiônica total (CTC).

Para a determinação das variáveis massa seca total, comprimento da parte aérea, foram coletadas 15 plantas de feijoeiro parcela<sup>-1</sup> dentro da área útil (10 m<sup>2</sup>) no estádio reprodutivo R6 (florescimento pleno). Para a determinação do comprimento de parte aérea, as plantas coletadas foram medidas com o auxílio de uma régua, a partir da inserção dos cotilédones até o pico da parte aérea (NAKAGAWA, 1999). No preparo das amostras as plantas coletadas foram lavadas antes da secagem para determinação da massa seca total de plantas, de acordo com Embrapa (2009).

A determinação de número de vagens planta<sup>-1</sup> e número de grãos vagem<sup>-1</sup> foi realizada após a colheita, aos 86 dias após a emergência (DAE). Todas as plantas da área útil da parcela foram coletadas, as vagens retiradas manualmente e levadas para secagem em estufa de ventilação forçada a 65°C até peso constante. Após esta etapa, as vagens foram debulhadas manualmente e as sementes submetidas novamente a secagem por 48 horas a 65°C antes da pesagem (CASTEEL, 2014).

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (p<0,05) e subsequente análise de regressão ou teste de comparação múltipla de médias de Tukey (p<0,05), conforme o caso. Apesar dos tratamentos testados serem quantitativos (doses de biocarvão e doses de pó de rocha), os dados obtidos da maioria das variáveis analisadas apresentaram baixos valores de coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) nos modelos testados de análise de regressão ou superfície de resposta (R<sup>2</sup><0,50). Tais resultados impediram o uso dos modelos testados para prever valores a partir da relação dos fatores (doses de biocarvão x doses de pó de rocha). Segundo Bertoldo et al. (2007), diante da ocorrência desta condição específica em experimentos com tratamentos quantitativos, recomendase a aplicação de testes de comparação múltipla de médias. As análises estatísticas foram realizadas com o aplicativo computacional Genes (CRUZ, 2006).

### 3. Resultados

Foi observada interação (p<0,05) entre as doses de pó de rocha e biocarvão para as variáveis pH CaCl<sub>2</sub>, fósforo, potássio, cálcio, alumínio e CTC do solo e para o comprimento de parte aérea do feijão. A matéria orgânica do solo foi influenciada somente pelo pó de rocha, enquanto a massa seca da parte aérea do feijão foi influenciada tanto pelo pó de rocha quanto pelo biocarvão, isoladamente.

A variável pH em CaCl<sub>2</sub> do solo da testemunha (sem a adição de biocarvão e pó de rocha), apresentou solo considerado ácido com valor de 4,8, diferindo da grande maioria de combinações de doses de pó de rocha e biocarvão (Tabela 2). Em outro estudo, o pó de rocha de basalto promoveu aumento no pH do solo, podendo também ser considerado como uma fonte alternativa de fertilizante e corretivo, dependendo da composição da rocha, granulometria e condições do solo (MELO et al., 2012).



**Tabela 2** – Valores médios de pH CaCl<sub>2</sub>, Al<sup>3+</sup> (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e P-Mehlich 1 (mg dm<sup>-3</sup>) dos solos coletados, em função das doses de biocarvão e pó de rocha.

Biocarvão (t ha <sup>-1</sup> )	Pó de Rocha (t ha <sup>-1</sup> )			
	0,0	2,5	5,0	7,5
pH CaCl <sub>2</sub>				
0	4,8 bB	5,5 aA	5,2 abAB	5,3 abAB
6	5,1 abAB	5,6 aA	4,8 bB	5,6 aA
12	5,4 aA	5,4 aA	5,0 bA	4,9 bA
18	5,5 aA	5,2 aA	5,6 aA	5,2 abA
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )				
0	0,30 aA	0,30 abA	0,15 bA	0,20 aA
6	0,25 aAB	0,05 bB	0,45 aA	0,15 aB
12	0,15 aA	0,13 abA	0,23 abA	0,23 aA
18	0,18 aAB	0,35 aA	0,25 bB	0,00 aB
P Mehlich 1 (mg dm <sup>-3</sup> )				
0	3,2 bA	4,0 aA	3,6 bA	4,6 bA
6	3,4 bA	3,9 aA	3,4 bA	4,3 bA
12	6,1 aA	4,2 aB	3,9 bB	6,4 aA
18	6,0 aA	3,5 aB	6,8 aA	6,4 aA

\*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

A dose de 7,5 t ha<sup>-1</sup> de pó de rocha combinada com 18 t ha<sup>-1</sup> de biocarvão neutralizou o alumínio trocável do solo (Tabela 2), o que pode favorecer o desenvolvimento radicular do feijoeiro (EMBRAPA, 2015). Em outro trabalho o biocarvão diminuiu a acidez e a toxidez por alumínio, contribuindo para melhora significativa da fertilidade (REN et al., 2016). O biocarvão combinado com a rochagem ocasionou resultados positivos para recuperação da fertilidade do solo sob condições de campo, resultado este que já era esperado devido a influência no pH CaCl<sub>2</sub>.

Os teores de fósforo do solo foram influenciados pela interação entre biocarvão e pó de rocha (Tabela 2). De maneira geral, houve tendência de aumento nos teores de fósforo, conforme o aumento das doses de ambos. A combinação de 5 t ha<sup>-1</sup> de pó de rocha com 18 t ha<sup>-1</sup> de biocarvão resultou no maior valor de fósforo. Ressalta-se que tais resultados foram obtidos em apenas 15 meses, o que permite supor que tal efeito sobre o teor de fósforo seja, possivelmente, amplificado com o decorrer do tempo.

Como na maioria das regiões tropicais há predominância de solos com baixas concentrações de fósforo, ocorre assim, a exigência da reposição desse nutriente por adubação fosfatada para tornar as áreas produtivas (PINHEIRO et al., 2014). Neste contexto, é possível enfatizar a prática da rochagem aliada ao biocarvão como alternativa, conforme os resultados apresentados, haja vista que o teor inicial de fósforo de 2,85 mg dm<sup>-3</sup> no solo (Tabela 1) foi considerado baixo (EMBRAPA, 2015).

O teor de potássio do solo foi influenciado pela interação entre biocarvão e pó de rocha (Tabela 3). É possível observar uma leve tendência de aumento nos teores com o aumento dos níveis de pó de rocha e biocarvão. Desta forma, observa-se que a combinação das doses 7,5 t ha<sup>-1</sup> de pó de rocha com 18 t ha<sup>-1</sup> de biocarvão resultaram no maior teor de potássio no solo.

**Tabela 3** – Valores médios de K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e CTC dos solos coletados, em função das doses de biocarvão e pó de rocha.

Biocarvão (t ha <sup>-1</sup> )	Pó de Rocha (t ha <sup>-1</sup> )			
	0,0	2,5	5,0	7,5
K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )				
0	0,50 bB	0,51 bB	0,59 aA	0,59 bA
6	0,61 aB	0,56 aB	0,60 aB	0,67 aA
12	0,65 aA	0,58 aA	0,61 aA	0,60 bA
18	0,64 aB	0,59 aB	0,65 aB	0,67 aA
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )				
0	3,97 aA	3,91 aA	4,18 abA	4,17 abA
6	3,95 aA	4,17 aA	3,76 bA	4,33 abA
12	4,20 aA	4,09 aA	4,24 abA	4,07 bA
18	4,16 aAB	3,64 aB	4,41 aA	4,74 aA
CTC (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )				
0	12,17 aA	12,58 aA	12,12 aA	12,79 aA
6	12,70 aA	12,75 aA	12,77 aA	12,46 aA
12	12,06 aB	12,41 aAB	12,85 aA	12,00 aB
18	12,75 aA	12,39 aA	12,40 aA	12,73 aA

\*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

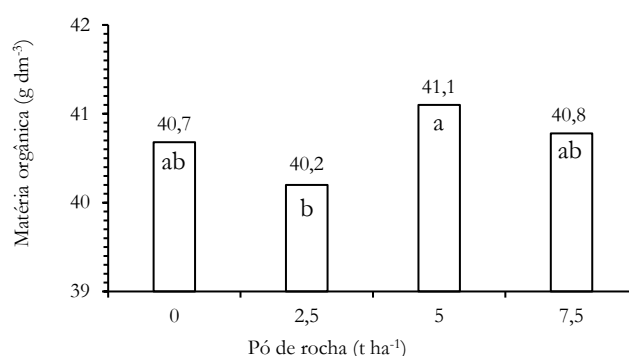


O teor inicial de potássio no solo foi considerado baixo ( $0,15 \text{ cmol. dm}^{-3}$ ) (EMBRAPA, 2015). Nota-se a influência positiva dos fatores testados apresentando elevação desse nutriente no solo para suprir a demanda do feijão (Tabela 3), haja vista que potássio e nitrogênio são nutrientes correlacionados pela função do potássio na ativação da enzima redutase do nitrato (RABELO et al., 2017), a qual atua fundamentalmente, na incorporação de nitrogênio inorgânico em moléculas orgânicas complexas, sendo a etapa limitante nesse processo (SILVA et al., 2011b).

Os teores de cálcio do solo também foram influenciados pela interação entre biocarvão e pó de rocha (Tabela 3). Os menores teores foram observados na interação da dose  $2,5 \text{ t ha}^{-1}$  de pó de rocha com  $18 \text{ t ha}^{-1}$  de biocarvão. As doses 6 e  $12 \text{ t ha}^{-1}$  de biocarvão combinadas com 5 e  $7,5 \text{ t ha}^{-1}$  de pó de rocha, respectivamente, também apresentam resultados inferiores com diferenças significativas em relação aos demais resultados para teores de cálcio. Solos mais intemperizados apresentam menores teores de cálcio, portanto a elevação desses teores favorece o desenvolvimento das plantas (EMBRAPA, 2015). A deficiência de cálcio resulta em baixo crescimento e desenvolvimento do sistema radicular, resultando em menores volumes de solo explorado, prejudicando a absorção de nutrientes e água, sujeitando as plantas de feijoeiro a deficiências minerais e a déficits hídricos (LAMBAIS, 2006). Observa-se tendência de que a combinação das doses  $7,5 \text{ t ha}^{-1}$  de pó de rocha com  $18 \text{ t ha}^{-1}$  de biocarvão resultaram nos maiores teores de cálcio no solo, o qual é importante para a preservação da capacidade de absorção das raízes do feijoeiro (SILVA et al., 2011a) através da manutenção da integridade da membrana plasmática e prevenção da perda de solutos para a solução externa, aumentando o acúmulo de nutrientes pela planta (MALAVOLTA, 2006).

Foi registrada interação entre os fatores biocarvão e pó de rocha para a variável CTC do solo (Tabela 3). A dose de  $5 \text{ t ha}^{-1}$  de pó de rocha combinada com  $12 \text{ t ha}^{-1}$  de biocarvão representa leve tendência em aumentos dos valores da CTC do solo. Este resultado corrobora com outros resultados de pesquisas obtidos (WOICIECHOWSKI et al., 2018; REN et al., 2016; MELO et al., 2012). Este aumento na CTC do solo representa maior capacidade de retenção de vários nutrientes, favorecendo a manutenção de sua fertilidade por maior período.

A matéria orgânica do solo foi influenciada pelo pó de rocha (Figura 1). Observa-se que com a aplicação de  $5 \text{ t ha}^{-1}$  há teor maior que com a aplicação de  $2,5 \text{ t ha}^{-1}$ , mas ambos não diferiram da testemunha ( $0 \text{ t ha}^{-1}$ ).



**Figura 1** – Matéria orgânica do solo em função de doses de pó de rocha. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

O biocarvão não influenciou os teores de matéria orgânica no solo ( $p > 0,05$ ). Madari et al. (2006) relataram que o método para a quantificação de matéria orgânica do solo baseado na oxidação por dicromato de potássio (Walkley-Black) apenas quantifica a matéria orgânica oxidável do solo e, como o biocarvão é muito estável, este método não o quantifica devido à difícil digestão com ácido sulfúrico concentrado (STEINER et al., 2004). Portanto, este fato pode ter ocorrido no presente trabalho, já que o teor de carbono fixo presente no biocarvão utilizado foi de 80,5%.

A variável comprimento da parte aérea (CPA) das plantas de feijoeiro foi influenciada pela interação entre doses de biocarvão e de pó de rocha ( $p < 0,05$ ) (Tabela 4), a qual apresentou incremento em função da combinação entre doses crescentes de pó de rocha e de biocarvão. O maior valor do CPA das plantas de feijoeiro (50 cm) foi verificado no tratamento com doses combinadas de  $7,5$  e  $18 \text{ t ha}^{-1}$  de pó de rocha e biocarvão, respectivamente. Zhao et al. (2014) concluíram que biocarvão de palha de arroz promoveu o crescimento das plantas, com aumentos na produção de biomassa total nas concentrações de  $4,7$  e  $9 \text{ t ha}^{-1}$ .

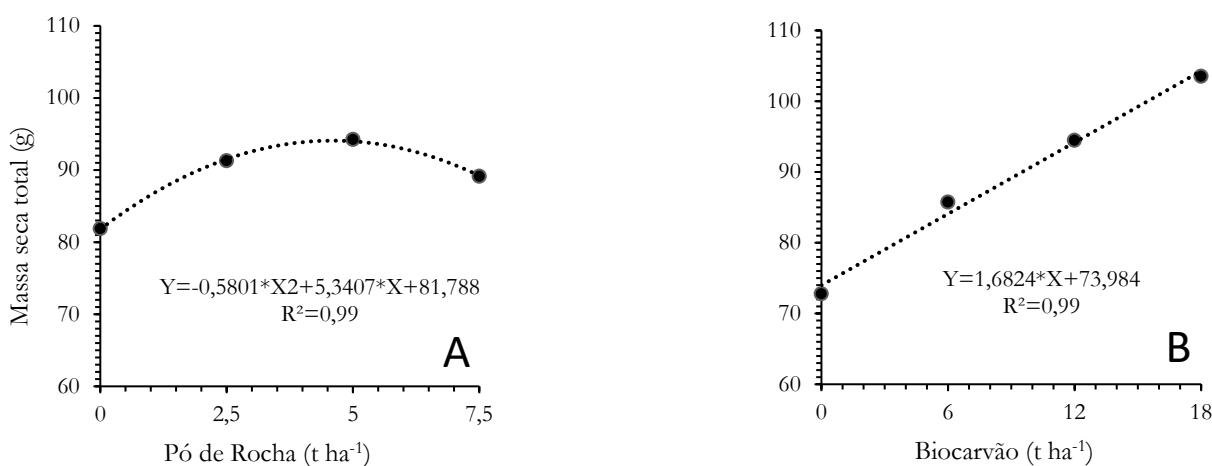
**Tabela 4** – Comprimento da parte aérea (CPA) das plantas de feijoeiro (cm), em função de doses de biocarvão e de pó de rocha.

Biocarvão ( $\text{t ha}^{-1}$ )	Pó de Rocha ( $\text{t ha}^{-1}$ )			
	0,0	2,5	5,0	7,5
0	30 bB	44 aA	22 cC	45 bA
6	40 aA	42 aA	40 bA	42 bA
12	40 aB	45 aA	49 aA	44 bAB
18	42 aB	42 aB	44 bB	50 aA



\*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

A massa seca das plantas de feijoeiro foi influenciada pelos níveis de biocarvão e pó de rocha testados, de forma isolada ( $p < 0,05$ ). O incremento da massa seca do feijoeiro em função das doses de pó de rocha ocorreu até a dose de  $4,60 \text{ t ha}^{-1}$  (Figura 2A). Já a influência do biocarvão sobre a produção de massa seca total das plantas de feijoeiro foi linear, permitindo inferir que a dose testada de  $18 \text{ t ha}^{-1}$  de biocarvão resultou na maior produção de massa seca total (Figura 2B). Como não foi atingido o ponto de inflexão da massa seca total do feijoeiro em função da dose de biocarvão, trabalhos futuros podem avaliar a influência de doses maiores de biocarvão na massa seca total do feijoeiro do que as testadas no presente trabalho.



**Figura 2** – Massa seca total de plantas de feijoeiro em pleno florescimento (R6) cultivado em solo com doses de pó de rocha (A) e de biocarvão (B).

As variáveis número de vagens planta<sup>-1</sup>, número de grãos vagem<sup>-1</sup> e produtividade de grãos do feijoeiro não foram influenciadas pelos tratamentos ( $p > 0,05$ ). A alta fixação do fósforo, geralmente observada nos Latossolos, pode ter interferido na eficiência das adubações e nos resultados apresentados para as análises realizadas em plantas de feijoeiro. Os fatores como a baixa fertilidade inicial do solo, o manejo anterior e o tempo de experimentação (15 meses), podem ter ocasionado a ausência de interferências significativas dos tratamentos testados nas variáveis rendimento de grãos, número de grãos vagem<sup>-1</sup> e número de vagens planta<sup>-1</sup> na cultura do feijoeiro. Da mesma forma, Vogt et al. (2013) realizaram uma comparação de adubo orgânico com pó de rocha sobre a produtividade de quatro variedades de feijão, como resultados obteve-se que o aumento da dose de cama de aviário proporcionou ganhos na produtividade, em contrapartida o aumento da quantidade de pó de basalto não.

Os resultados apontam efeitos positivos do pó de rocha e do biocarvão sobre a fertilidade do solo agrícola, que podem ser estudados em maior intervalo de tempo para averiguar seus efeitos a longo prazo. Além disso, a repetição temporal do experimento poderá verificar como essas características influenciam tanto o ciclo vegetativo quanto reprodutivo do feijoeiro, permitindo maior segurança na tomada de decisão sobre as quantidades indicadas para a cultura. O conjunto de resultados do trabalho ressalta a importância de estudos com fontes alternativas de fertilizantes agrícolas e seu potencial de contribuição para melhoria da eficiência das práticas agrícolas.

#### 4. Conclusão

A interação entre pó de rocha e biocarvão elevou o pH  $\text{CaCl}_2$ , teores de fósforo, potássio, cálcio e CTC e, concomitantemente, reduziu os teores de alumínio no solo.

A aplicação conjunta de pó de rocha e biocarvão favoreceu o crescimento da parte aérea, mas não interferiu na produtividade de grãos do feijoeiro.

**Agradecimentos:** O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

#### 5. Referências

ALMEIDA, K. R. ; SANTOS, M. G. P. dos ; CEZÁRIO, M. D. ; MOREIRA, M. O. Z. G. ; ARAÚJO, M. A. F. de. Efeito da inoculação com bactérias solubilizadoras de fosfato sobre o crescimento de plantas de milho. Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente, [S. l.], v. 2, n. 4, p. 19, 2022. DOI: 10.51189/rem/3151.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 8112/86 – Carvão vegetal: análise imediata do carvão vegetal, 1986. 6 p.

AZIZ, M. Z.; NAVEED, M.; ABBAS, T.; SIDDIQUE, S.; YASEEN, M. Alternative Fertilizers and Sustainable Agriculture. In: FAROOQ, M.; PISANTE, M. (Ed.).





- Innovations in Sustainable Agriculture. Springer Nature, 2019. p. 213-245. DOI: 1007/978-3-030-23169-9\_8.
- BERTOLDO, J. G.; ROCHA F. da; COIMBRA, J. L. M.; ZITTERELL, D.; GRAH, V. de F. Teste de comparação de médias: dificuldades e acertos em artigos científicos. R. Bras. Agrocência. v.13, n.4, p. 441-447, 2007. DOI: doi.org/10.33240/rba.
- BRITO, R. S. D.; BATISTA, J. F.; MOREIRA, J. G. do V.; MORAES, K. N. O.; SILVA, S. O. da. Rochagem na agricultura: importância e vantagens para adubação complementar. South American Journal of Basic Education, Technical and Technological, . 6. n. 1, p. 528–540. 2019. ISSN 2446-4821.
- CASTEEL, S. N. Estimating Soybean Yields – Simplified, University of Purdue - Soybean Station. 2014. 4 p. EXT-INFO 1-888.
- CRUZ, C. D. Programa GENES: estatística experimental e matrizes. Editora UFV, 2006. 285 p. ISBN: 85-7269-245-2.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, 2018, 306 p. ISBN 978-85-7035-800-4
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA — EMBRAPA. Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 13 p. (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros, 206). ISSN 1678-1953. Disponível em: [www.bdpa.cnptia.embrapa.br](http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br). Acesso em 12 de maio de 2021.
- GAO, S.; HOFFMAN-KRULL, K.; BIDWELL, A.L.; DELUCA, T.H. Locally produced wood biochar increases nutrient retention and availability in agricultural soils of the San Juan Islands, USA. Agriculture, Ecosystems & Environment. v.233, p.43-54. 2016. DOI: 10.1016/j.agee.2016.08.028
- GILBERT, N. Environment: The disappearing nutrient. Nature, v. 461, p. 716–718, 2009. DOI: 10.1038/461716a
- KÖPPEN, W. Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. México: Ed. Fondo de Cultura Económica- FCE, 1948. 487 p.. ISBN 47751348.
- LAMBAIS, M. R. Unraveling the signaling and signal transduction mechanisms controlling arbuscular mycorrhiza development. Scientia Agricola. v.63, n.4, p. 405-413, 2006. DOI: 10.1590/S0103-90162006000400013.
- MADARI, B. E. et al. Carvão vegetal como condicionador de solo para arroz de terras altas (cultivar Primavera): um estudo prospectivo. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 6 p. (Comunicado Técnico, 125). ISSN 1678-961X.
- MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Agronômica Ceres, 2006. 638p. ISBN: 85-318-0047-1.
- MELO, V.F.; UCHÔA, S.C.P.; DIAS, F.U.; BARBOSA, G.F. Doses de basalto nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo Distrófico da Savana de Roraima. Acta Amazônica, 42: p. 471-476, 2012. DOI: 10.1590/S0044-59672012000400004.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados nos desempenhos das plântulas. In: KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: Abrates, 1999. p. 2-24. DOI: 10.1590/S0101-31222007000200012.
- PINHEIRO, D. P.; LIMA, E. V.; FERNANDES, A. R.; SANTOS, W. M.; LEITÃO-LIMA, P. S. Productivity of Marandu grass as a function of liming and phosphate fertilization in a Typic Hapludult from Amazonia. Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, 57:49-56, 2014. DOI:10.4322/rca.2013.065.
- PIMENTEL, D., PIMENTEL, M. Comment: adverse environmental consequences of the green revolution. Population and Development Review, v. 16, p. 329-332. 1990. t DOI:10.2307/2808081.
- PUGA, A. P. Biocarvão na mitigação da toxicidade de metais pesados em solos de área de mineração. 116 f. Tese (Doutorado) - Curso de Curso de Pós-graduação em Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agronômico, Campinas, SP, 2015.
- RABELO, A.C.R.; RIBEIRO, D.F.; REZENDE, R.M. ALCANTRA, E.; SOARES, A.F. Adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro. Revista da Universidade Vale do Rio Verde, Três Corações, v. 5, n. 1, p. 825-841, 2017. ISSN 1517-0276.
- REN, X.; ZHANG, P.; ZHAO, L.; SUN, H. Sorption and degradation of carbaryl in soils amended with biochars: influence of biochar type and content. Environmental Science and Pollution Research, v. 23, n. 3, p. 2724-2734, 2016. DOI: 10.1007/s11356-015-5518-z.
- SCHOLZ, R. W.; WELLMER, F. W. Approaching a dynamic view on the availability of mineral resources: What we may learn from the case of phosphorus? Global Environmental Change, v. 23, n. 1, p. 11-27. 2013. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2012.10.013
- SILVA, M.S.A.; COLEN, F.; SAMPAIO, R.A.; AZEVEDO, A.M.; BASÍLIO, J.J. N.; COTA, C.G.; FERNANDES, L.A. Biochar from Caryocar brasiliense as a soil conditioner for common bean plants. Ciência Rural, v. 52, n. 7. 2022. DOI: 10.1590/0103-8478cr20200871
- SILVA, S. A., MORAES, W. B.; SOUZA, G. S. Doses de cálcio no crescimento do feijoeiro cultivado em solução nutritiva, na presença de alumínio. Idesia, v. 29, n. 3, p. 53-58, 2011a. DOI:10.4067/S0718-34292011000300008.
- SILVA, S.M.; OLIVEIRA, L.J.; FARIA, F.P.; REIS, E.F.; CARNEIRO, M.A.C.; SILVA, S.M. Atividade da enzima nitrato redutase em milho cultivado sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássica. Ciência Rural, v.41, n.11, p.1931-1937, 2011b. ISSN 0103-8478. SOUZA, F.N.S.; DE OLIVEIRA, C.G.; MARTINS, E.S.; ALVES, J.M. Efeitos condicionador e nutricional de um remineralizador de solos obtido de resíduos de mineração. Revista Agri-Environmental Sciences, n. 3, v. 1, p. 1–14. 2017. DOI: 10.36725/agries.v3i1.204.
- STEINER, C.; TEIXEIRA, W. G.; ZECH, W. Slash and char: an alternative to slash and burn practiced in the Amazon basin. In: GLASER, B. B. E WOODS, W. I. (Ed.). Amazonian dark earths: explorations in space and time.



- Berlin: Springer Verlag, 2004. p. 183-194. ISBN-10: 3540007547.
- VOGT, G. A.; BACKES, L. R.; GALLOTTI, M. J. G.; SOUZA, M. J., SAGAZ, M. A.; MEISTER, P. D. P.; MEISTER, A. L.; Produtividade de variedades locais de feijão em diferentes doses de cama de aviário e pó de basalto. *Cadernos de Agroecologia*, v.8, n. 2, 2013. ISSN 2236-7934.
- WOICIECHOWSKI, T., LOMBARDI, K. C., GARCIA, F. A. de O., GOMES, G. S. Nutrientes e umidade do solo após a incorporação de biocarvão em um plantio de *Eucalyptus benthamii*. *Ciência Florestal*, v. 28, n. 4, p. 1455-1464, 2018. DOI: 10.5902/1980509835053
- WUTKE, E.B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. do P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. In: LIMA FILHO, O.F. de; AMBROSANO, E.J.; ROSSI, F.; CARLOS, J.A.D. (Ed.). *Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática*. Brasília: Embrapa, 2014. v.1, p.59-168. ISBN 978-85-7035-313-9.
- YE, L.; ZHAO, X.; BAO, E.; LI, J.; ZOU, Z.; CAO, K. Bio-organic fertilizer with reduced rates of chemical fertilization improves soil fertility and enhances tomato yield and quality. *Scientific Reports*, v. 10, n. 177, 11 p., 2020. DOI: 10.1038/s41598-019-56954.
- ZHAO, X.; WANG, J.; WANG, S.; XING, G. Successive straw biochar application as a strategy to sequester carbon and improve fertility: A pot experiment with two rice/wheat rotations in paddy soil. *Plant Soil*, v. 378, p. 279–294, 2014. DOI:10.1007/s11104-014-2025-9.