

Produtividade do amendoim sob efeito residual de pó de rocha basáltica em área de reforma de canavial

Submetido - 04 Jul. 2021

Aprovado - 31 jul. 2021

Publicado - 09 dez. 2021



[http://dx.doi.org/10.52755/sas.v.2i\(edesp1\)127](http://dx.doi.org/10.52755/sas.v.2i(edesp1)127)

César Martoreli da Silveira

Engenheiro Agrônomo, Prof. Dr., Universidade Estadual Paulista - Colégio Técnico Agrícola - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - CTA/FCAV - UNESP, Jaboticabal-SP. E-mail: cesar.m.silveira@unesp.br.

Gabriel Vinícius Lima de Souza

Graduando Engenharia Agrônômica, Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP. E-mail: gv.souza@unesp.br.

Carlos Roberto De Toffoli

Engenheiro Agrônomo, MSc., Consultor e Pesquisador Autônomo, Jaboticabal-SP. E-mail: cr.detoffoli@gmail.com.

Antônio Alexandre Bizão

Engenheiro Agrônomo, MSc., Consultor e Pesquisador em Rochagem, Rio Verde-GO. E-mail: aabizao@gmail.com.

RESUMO

A técnica de rochagem é um processo sustentável na produção agrícola, tratando do manejo do solo com produto de fonte natural, como o pó de rocha basáltica. Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar a produtividade do amendoim sob efeito residual de pó de rocha basáltica Coplan (PRB) em área de reforma de canavial na safra 2020/21. O experimento foi disposto em faixas (split pots), com comprimento de 60,0 m e largura de 10,8 m, contemplando três tratamentos: T1 - sem PRB; T2 - 2,5 t ha⁻¹ de PRB e; T3 - 5,0 t ha⁻¹ de PRB, para cada faixa, com 10 pontos de coleta (repetições), distribuídos a 6 m cada, obtendo-se após análise de variância, as médias, que foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade e regressão polinomial para o efeito das doses. Após caracterização do PRB, procedeu-se a aplicação por meio de distribuidor de corretivos e fertilizantes tratorizado, cobrindo a largura das faixas, realizada 10 dias após o corte da cana soca na safra 2019/20, em setembro. Após a colheita da dessa cana, em outubro de 2020, a área passou por preparo de solo convencional e o plantio do amendoim ocorreu em novembro de 2020, com a cultivar IAC 503, sem correção e adubação do solo. Foram realizados os tratos culturais conforme recomendações para a cultura. Após 160 dias de plantio realizou-se o arranque, inversão e colheita das leiras, em abril de 2021, de forma mecanizada, obtidos na área útil de cada ponto (6,0 m x 3,60 m), dentro das faixas, por tratamento e, posteriormente, transformou-se o peso coletado em produtividade, dada por quilos e sacas por hectare. Foram observados que o tratamento sem PRB apresentou valores médios de produtividade igual a 5.602,32 kg ha⁻¹ e 224,10 sc ha⁻¹ e, que as doses de 2,5 e 5,0 t ha⁻¹ apresentaram os valores médios de produtividade de 7.354,63 e 7.421,76 kg ha⁻¹, com 294,19 e 296,87 sc ha⁻¹, respectivamente, com um aumento de 24,51% da produtividade.

Palavras-chave: *Arachis hypogaea* L.; Rocha silicática; Basalto; Bioinsumo.

Peanut yield under residual effect of basaltic rock powder in a sugarcane reform area

ABSTRACT

Este é um trabalho de acesso aberto e distribuído sob os Termos da Creative Commons Attribution Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International.



The stonemeal technique is a sustainable process in agricultural production, dealing with soil management with a natural source product, such as basaltic rock dust. Thus, the aim of this study was to evaluate peanut yield under residual effect of Coplan basaltic rock dust (BRD) in a sugarcane reform area in the 2020/21 harvest. The experiment was arranged in strips (split pots), with a length of 60.0 m and width of 10.8 m, including three treatments: T1 - without PRB; T2 - 2.5 t ha⁻¹ of PRB e; T3 - 5.0 t ha⁻¹ of PRB, for each strip, with 10 collection points (repeats), distributed at 6 m each, obtaining, after analysis of variance, the means, which were compared by the Tukey Test, at 5% probability and polynomial regression for the effect of the doses. After characterization of the BRD, the application was carried out through a tractored corrective and fertilizer distributor, covering the width of the strips, carried out 10 days after the cutting of ratoon cane in the 2019/20 harvest, in september. After the harvest of this sugarcane, in october 2020, the area underwent conventional soil preparation. Peanuts were planted in november 2020, with the cultivar IAC 503, without correction and soil fertilization. The cultural treatments were carried out according to recommendations for the culture. After 160 days of planting, the start-up, inversion and harvest of the windrows were carried out, in April 2021, in a mechanized manner, obtained in the useful area of each point (6.0 m x 3.6 m), within the ranges, by treatment and, later, the collected weight was transformed into productivity, given per kilograms and sacks per hectare. It was observed that the treatment without BRD presented average yield values equal to 5,602.32 kg ha⁻¹ and 224.10 sc ha⁻¹ and, that the doses of 2.5 and 5.0 t ha⁻¹ presented the average values yield of 7,354.63 and 7,421.76 kg ha⁻¹, with 294.19 and 296.87 sc ha⁻¹, respectively, with an increase of 24.51% in productivity.

Keywords: *Arachis hypogaea L.; Silicate rock; Basalt; Bioinput.*

Rendimento de maní bajo efecto residual del polvo de roca basáltica em un área de reforma de caña de azúcar

RESUMEN

La técnica de la harina de piedra es un proceso sostenible en la producción agrícola, que se ocupa de la gestión del suelo con un producto de origen natural, como el polvo de roca basáltica. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el rendimiento de maní bajo el efecto residual del polvo de roca basáltica Coplan (PRB) en un área de reforma de caña de azúcar en la temporada 2020/21. El experimento se dispuso en tiras (macetas partidas), con una longitud de 60,0 m y un ancho de 10,8 m, incluyendo tres tratamientos: T1- sin PRB; T2- 2,5 t ha⁻¹ PRB e; T3 – 5,0 t ha⁻¹ de PRB, para cada rango, con 10 puntos de recolección (repeticiones), distribuidos a 6 m cada uno, obteniendo, luego del análisis de varianza, las medias, las cuales fueron comparadas por la prueba de Tukey, al 5% de probabilidad y regresión polinomial para el efecto de la dosis. Luego de la caracterización del PRB, la aplicación se realizó a través de un tractor correctivo y distribuidor de fertilizante, cubriendo el ancho de las tiras, realizado 10 días después del corte de la caña de soca en la zafra 2019/20, en septiembre. Luego de la cosecha de esta caña de azúcar, en octubre de 2020, el área se sometió a preparación convencional del suelo y se sembró maní en noviembre de 2020, con el cultivar IAC 503, sin corrección y fertilización del suelo. Los tratamientos culturales se realizaron de acuerdo con las recomendaciones del cultivo. Luego de 160 días de siembra, las hileras fueron puestas en marcha, invertidas y cosechadas, en abril de 2021, de manera mecanizada, obtenidas en el área útil de cada punto (6,0 m x 3,60 m), dentro de las franjas, por tratamiento y, posteriormente, el peso recolectado se transformó en productividad, expresada en kilogramos y sacos por hectárea. Se observó que el tratamiento sin PRB tuvo valores medios de rendimiento iguales a 5.602,32 kg ha⁻¹ y 224,10 sc ha⁻¹ y que las dosis de 2,5 y 5,0 t ha⁻¹ tuvieron valores promedio de rendimiento de 7.354,63 y 7.421,76 kg ha⁻¹, con 294,19 y 296,87 sc ha⁻¹, respectivamente, con un aumento del 24,51% en el rendimiento.

Palabras clave: *Arachis hypogaea L.; Roca de silicato; Basalto; Bioinsumos.*

Introdução

A busca pela sustentabilidade nos sistemas agrícolas tem feito com que pesquisas se desenvolvam na referida área e encontrem soluções para

uma nova agricultura, moderna e produtiva. O aumento da população mundial, projetado para os próximos 30 anos (2050) traz consigo a necessidade de alimentar mais de 9,7 bilhões de pessoas (FAO, 2019).

O uso de produtos de origem natural, como fertilizantes na agricultura, pode minimizar a demanda por fertilizantes inorgânicos dentro dos sistemas produtivos, sendo este um fator positivo, uma vez que a aquisição e preparo de fertilizantes inorgânicos apresentam alto custo.. Para isso, é importante considerar ações sustentáveis para com a base da produção, que são os solos. Esse processo pode reduzir os custos e os impactos ambientais causados por fertilizantes inorgânicos, como a acidificação dos solos e lixiviação de nutrientes nos mesmos, além de tratar-se de um produto de fonte natural, multielementar e benéfico aos solos.

Alguns trabalhos demonstram que a aplicação de pó de rocha como remineralizador de solos trazem benefícios, melhorando condições do solo para o crescimento das plantas, com incrementos no pH do solo, CTC e nutrientes disponíveis por meio de rocha granítica (Silva *et al.*, 2013), basalto (RAMOS *et al.* 2014), fonólito (TAVARES *et al.*, 2018) e andesito (DALMORA *et al.* 2020).

Os basaltos de uma forma geral apresentam características geoquímicas e mineralógicas que melhoram as propriedades físico-químicas dos solos (MELO *et al.*, 2012). Para a agricultura, portanto, o basalto é uma rocha importantíssima pois o produto de sua decomposição é uma argila de coloração avermelhada que origina solos férteis e, quando aplicado pela técnica da rochagem, possibilita a liberação dos nutrientes mesmo de forma gradual e contínua (KNAPIK, 2005).

Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a produtividade da cultura do amendoim sob efeito residual de pó de rocha basáltica em área de reforma de canavial, na safra 2020/21.

Material e métodos

O experimento foi conduzido sob condições de campo, em uma área de reforma de canavial, no município de Bebedouro, no Estado de São Paulo, no período de setembro de 2019 à abril de 2021. O clima da região é classificado como Aw segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, com temperatura média de 21,7 °C e pluviosidade média anual de 1340 mm. Para o mesmo, foi aplicado o pó de rocha basáltica (PRB) da COPLAN - Construtora Planalto Ltda., da pedreira localizada no município de Embaúba, no Estado de São Paulo.

Desta forma, o experimento foi disposto em faixas (Split pots) com comprimento de 60,0 m por largura de 10,8 m (Figura 1), contemplando três tratamentos com as doses de PRB, sendo: T1 - sem aplicação de PRB; T2 - 2,5 t ha⁻¹ de PRB e; T3 - 5,0 t ha⁻¹ de PRB, com 10 pontos de coleta por faixa, obtidos em 12 linhas de 6 m de comprimento x 10,80 m de largura, caracterizando as unidades experimentais (parcelas), coletadas na área útil de 21,6 m² (4 linhas de 6 m de comprimento x 3,6 m de largura), conforme

Figura 1.

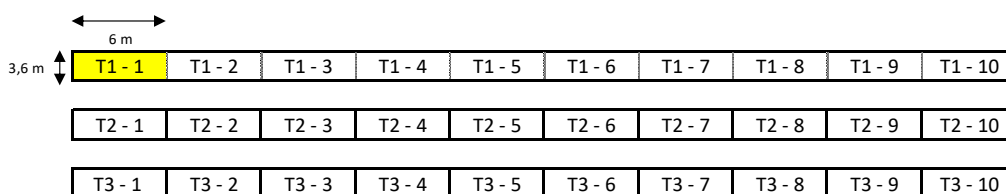


Figura 1. Croqui da área experimental. T1 – 1: ponto de coleta número 1, do tratamento sem pó de rocha basáltica Coplan (PRB); T2 – 1: ponto de coleta número 1, do tratamento com 2,5 t ha⁻¹ de PRB e; T3 – 1: ponto de coleta número 1, do tratamento com 5,0 t ha⁻¹ de PRB. Bebedouro, 2019.

A caracterização do PRB foi realizado por meio de análises químicas, mineralógicas, física e físico-químicas, realizadas em laboratório cadastrado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (**Tabelas 1, 2 e 3**).

Tabela 1. Caracterização química dos elementos maiores da amostra de basalto Coplan – Construtora Planalto Ltda, Embaúba - SP. Análise realizada pelo Laboratório SGS GEOSOL. Belo Horizonte - MG, 2019.

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	TiO ₂	SO ₃	PF*	Total
49,70	12,60	14,10	10,00	5,30	2,32	1,05	0,20	0,21	1,93	<LQ**	1,85	99,26

*PF: Perda ao fogo; **<LQ: Abaixo do Limite Quantificável.

Tabela 2. Caracterização química dos elementos potencialmente tóxicos da amostra de basalto Coplan, Embaúba - SP. Análise realizada pelo Laboratório SGS GEOSOL. Belo Horizonte - MG, 2019.

Laboratório	Elemento	Arsênio (As)	Cádmio (Cd)	Chumbo (Pb)	Mercúrio (Hg)
SGS GEOSOL	mg kg ⁻¹	< 1,0	0,03	1,6	< 0,05

O PRB em estudo possui soma de bases (CaO + MgO + K₂O) de 16,35%, e o teor de K₂O de 1,05%. A soma de bases é superior a 9% e o óxido de potássio é maior que 1%, conforme a Lei n.º 12.890/2013 (BRASIL, 2013) e Instrução Normativa 5 (BRASIL, 2016).

Tabela 3. Caracterização mineralógica da amostra de basalto Coplan, Embaúba - SP. Análise realizada pelo Laboratório CRTI. Goiânia - GO, 2019.

Mineral	Fe-Augita	Ulvoespinélio	Ilmenita	Hematita	Magnetita	Apatita	Ortoclásio
%	31,72	<LQ	0,60	1,27	2,18	1,26	2,05
Mineral	Goethita	Clorita	Quartzo	Labradorita	Andesina	Mineral de baixa cristalinidade	Total
%	<LQ	0,62	2,04	24,73	19,74	12,80	99,01

Augita - $Ca_{1,83}Na_{0,22}Mg_{3,41}Fe^{2+}_{1,26}Al_{0,23}Fe^{3+}_{0,05}Mn^{2+}_{0,02}Ti_{0,02}Si_{7,79}Al_{0,21}O_{22}(OH)_2$; Ilmenita - $FeTiO_3$; Ortoclásio - $KAlSi_3O_8$; Labradorita - $(Ca,Na)(Si,Al)_4O_8$; Andesina - $(Na,Ca)(Si,Al)_4O_8$.

O solo do local foi um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico (PVAe), classificação Embrapa (2018), cuja análise dos atributos químicos e físicos apresentaram os seguintes valores: pH_{CaCl2}=4,72; M.O.=10,72 g dm⁻³; P=9,95 mg dm⁻³; S=7,05 mg dm⁻³; Ca=18,13 mmol_c dm⁻³; Mg=4,86 mmol_c dm⁻³; K=2,12 mmol_c dm⁻³; Al³⁺=1,06 mmol_c dm⁻³; H+Al=18,60 mmol_c dm⁻³; SB=25,11 mmol_c dm⁻³; CTC=43,71 mmol_c dm⁻³; V=57,44 %; m=4,00 %; Si=4,52 mg dm⁻³; B=0,33 mg dm⁻³; Cu=2,20 mg dm⁻³; Fe=19,00 mg dm⁻³; Mn=3,80 mg dm⁻³; Zn= 1,2 mg dm⁻³; com teores de areia (<0,05 mm), silte (0,002 até 0,05 mm) e argila (<0,002 mm).

A aplicação do PRB foi realizada por meio de distribuidor de corretivos e fertilizantes tratorizado, cobrindo a largura da faixa com 12 m. A regulagem da máquina foi dada para 2,5 t ha⁻¹, utilizando-se duas passadas na faixa do tratamento de 5,0 t ha⁻¹. A aplicação foi feita 10 dias após o corte da cana soca na safra 2019/20, no mês de setembro de 2019. Após a colheita da dessa cana, em outubro de 2020, a área passou por preparo de solo convencional, com aração e gradagens (profunda e niveladora). Posteriormente, foi realizada o plantio do amendoim no dia 17 de novembro de 2020, com a cultivar IAC 503, sem correção e adubação do solo.

Foram realizados os tratos culturais conforme recomendações para a cultura. O arranque e inversão das leiras foram feitos mecanicamente no dia 17 de abril de 2021 e a colheita realizada no dia 25 de abril de 2021. Foi realizada a avaliação de produtividade na ocasião da colheita do amendoim, 160 dias após o plantio, na área útil de cada ponto, dentro das faixas para os respectivos tratamentos.

O delineamento experimental adotado foi o do tipo faixas (split pots), com análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$), utilizando o teste de Tukey, a 5 % de probabilidade e regressão polinomial para o efeito de doses, na produtividade (kg) e sacas de 25 kg, por hectare, por meio do software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2019).

Resultados e discussão

Pelos dados coletados nos pontos específicos de cada tratamento, conforme Figura 1, foram observados os valores médios de produtividade (kg) e sacas (25 kg) por hectare (ha), mediante o efeito residual das doses de pó de rocha basáltica Coplan (PRB), aplicadas na soqueira da cultura da cana-de-açúcar na safra 2019/20, para a cultura do amendoim, cultivar IAC 503, na safra 2020/21, em sistema de rotação.

O poder residual, devido ao tempo de aplicação, das doses de PRB, aplicado na cultura da cana antes da renovação e rotação com a cultura do amendoim, para a cultivar IAC 503, foi crescente, linear e significativo com aumento de 24,51% na produtividade (kg) e sacas (25 kg) por hectare. O

tratamento 1, sem PRB, apresentou os valores médios de 5.602,32 kg ha⁻¹ e 224,10 sc ha⁻¹, enquanto que os tratamentos 2 e 3, apresentaram os valores médios de 7.354,63 e 7.421,76 kg ha⁻¹, com 294,19 e 296,87 sc ha⁻¹, respectivamente, para as doses de 2,5 e 5,0 t ha⁻¹ de PRB (**Figura 2 – A e B**).

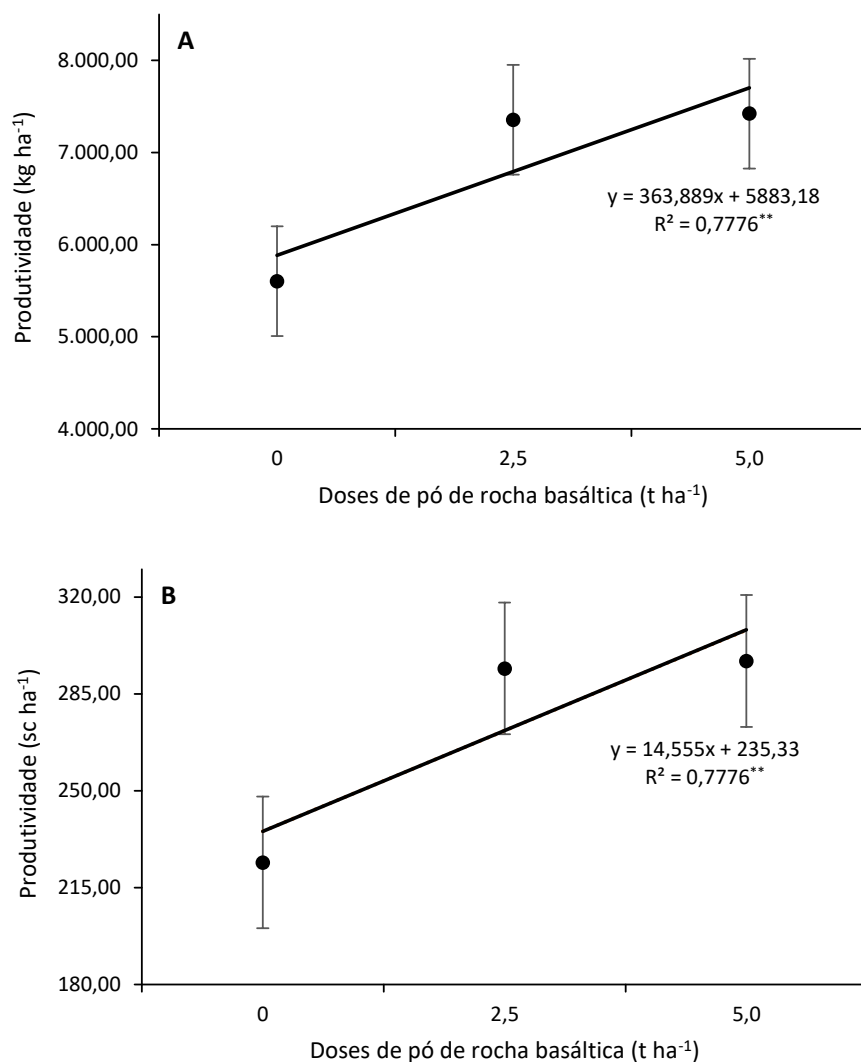


Figura 2. Valores médios de produtividade (kg ha⁻¹ – A; e sc ha⁻¹ – B), para a cultivar de amendoim IAC 503 mediante a aplicação das doses de pó de rocha basáltica Coplan (PRB). Bebedouro, 2021.

Esse incremento de 1.752,31 e 1.819,44 kg ha⁻¹, com 70 a 73 sc ha⁻¹ a mais e de forma significativa, demonstra que seu uso na agricultura, respeitando as condições adequadas para o produto, mediante legislação vigente, o caracteriza como um novo insumo para os processos produtivos, que se enquadra na categoria remineralizadores de solos (BRASIL, 2016).

Tal fato, vem sendo observado em outros trabalhos de campo, com delineamentos e estatísticas experimentais aplicáveis. No estudo realizado, as observações consideradas visaram consolidar a hipótese de testar o efeito residual do PRB, como descreve a literatura nacional e internacional. Silva *et al.* (2013) observaram incrementos no pH do solo, CTC, disponibilidades de nutrientes e redução da saturação de alumínio com uso de pós de rochas. Von Fragstein *et al.* (1988) relataram que o pH dos solos tendem a aumentar quando do uso de rochas vulcânicas básicas, como basalto, com efeitos mais intensos, corroborando com os dados observados neste trabalho.

De acordo Theodoro *et al.* (2013) os resultados preliminares dos seus testes com solos mostram que os as rochas apresentam comportamentos diferenciados em termos de alteração dos níveis de fertilidade, bem como de produtividade agrícola. Porém, todos os resultados foram positivos quando comparados às parcelas controles, no uso do basalto. Esse uso garante o aumento da disponibilidade dos principais macronutrientes (K, P, Ca e Mg), contribuindo com a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, podendo diminuir o uso ou até mesmo zerar esse, em relação aos fertilizantes minerais, como observado neste estudo.

Barrow (2017) relata que os aumentos dos teores de P no solo são decorrentes do aumento do pH, com valores entre de 5,8 e 7,0, uma vez que abaixo o elemento é complexado por ferro e alumínio e acima, por cálcio. Apesar das baixas quantidades de P, em seu estudo, o uso do pó de rocha basáltica possibilitou uma maior disponibilidade e um melhor aproveitamento do fósforo (P), em função das alterações físico-químicas que causa na solução do solo. O mesmo acontece para os teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K).

Desta forma, por este trabalho, nota-se pelo efeito residual, em função do tempo de aplicação, que a eficiência do produto pó de rocha basáltica (PRB) pode estar relacionada com essas alterações nos atributos físicos e químicos dos solos, proporcionando o bom desenvolvimento agrônômico de plantas, garantindo desenvolvimento e crescimento

adequados, sem a adição de produtos que possam contaminar ou mesmo causar a salinização desses, mediante as culturas alvos, de forma sustentável, por ser um produto de origem regional e natural.

Conclusões

O uso do pó de rocha basáltica Coplan (PRB) para o cultivo da cultura do amendoim apresentou um acréscimo linear e significativo de 24,51% no incremento da produtividade, com aumentos de 1.752,31 e 1.819,44 kg ha⁻¹, e de 70 a 73 sc ha⁻¹, nas doses de 2,5 e 5,0 t ha⁻¹, quando comparado ao tratamento sem PRB.

Agradecimentos

Ao Grupo COPLAN – Construtora Plantalto Ltda., no município de São José do Rio Preto – SP, pelo apoio na disponibilidade do produto e custeio de projetos de pesquisa na referida área de estudo.

Referências

BARROW, N. J. The effects of pH on phosphate uptake from the soil. **Plant Soil**. 410:401-410. 2017. DOI10.1007/s11104-016-3008-9.

BRASIL. (2013). **Lei no. 12.890** - Altera a Lei n. 6.894 para incluir os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura. Brasília, DF: Diário Oficial da União - Palácio do Planalto. <https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/112213899/lei-12890-13>.

BRASIL. (2016). **Instrução Normativa 5** - Regras sobre definições, classificação, especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem, rotulagem e propaganda dos remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura. Brasília, DF: Diário Oficial da União - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=317444>.

DALMORA, A.C.; RAMOS, C.G.; OLIVEIRA, M.L.S.; OLIVEIRA, L.F.S.; SCHNEIDER, I.A.H.; KAUTZMANN, R. M. **Journal of Cleaner Production** **256** (2020a) 120432.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. SANTOS, H. G. et al. (Coord.) 5.ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356p.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The state of food security and nutrition in the world 2019**. Home, Disponível em: <<http://www.fao.org/3/ca5162en/ca5162en.pdf>>. Acesso em jul, 2020.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, dec. 2019.

KNAPIK, J. G. **Utilização do pó de basalto como alternativa à adubação convencional na produção de mudas de *Mimosa scabrella* BENTH e *Prunus sellowii* KOEHNE**. Curitiba, 2005. 163 f. Dissertação (Pós-graduação) – Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba.

MELO, V. F.; CÁTIA, S.; UCHÔA, P.; DIAS, F. D. O. (2012). Doses de basalto moído nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo distrófico da savana de Roraima, **Acta Amazonica**, 42(4), 471–476.

RAMOS, C. G., MELLO, A. G., KAUTZMANN, R. M., 2014. **A preliminary study of volcanic rocks for stonemeal application**. ENMM 1–2, 30–35.

SILVA, M. H. M.; SANTOS, C. C.; SANTANA, A. P.; ALVES, J. M. Uso da rochagem como fonte alternativa de nutrientes na produção de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) para a indústria de etanol. **Anais...**, XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Florianópolis, SC. 2013. _p.

TAVARES, L. F.; CARVALHO, A. M. X.; CAMARGO, L. G. B.; PEREIRA, S. G. F.; CARDOSO, I. M. Nutrients release from powder phonolite mediated by bioweathering actions. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture** (2018) 7:89–98 <https://doi.org/10.1007/s40093-018-0194-x>.

THEODORO, S. H.; MARTINS, E. S.; FERNANDES, M. M.; CARVALHO, A.M.X. **Anais do II Congresso Brasileiro de Rochagem**. Visconde do Rio Branco: Suprema. Poços de Caldas, MG. 2013. 399p.

VON FRAGSTEIN, P.; PERI, W.; VOGTMANN, H. 1988. Verwitterungsverhalten silikatischer Gesteinsmehle unter Laborbedingungen. **Zeitschrift für Pflanzenern.hrung und Bodenkunde**, 151:141–146.