



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
BACHARELADO EM AGRONOMIA



EFEITO RESIDUAL DO PÓ DE BASALTO NOS ATRIBUTOS
QUÍMICOS DO SOLO

MARIANA MANZATO TEBAR

DOURADOS-MS

2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
BACHARELADO EM AGRONOMIA



EFEITO RESIDUAL DO PÓ DE BASALTO NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

MARIANA MANZATO TEBAR

Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Agronomia, da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientadora Prof^a. Dr^a. Alessandra Mayumi Tokura Alovisi

DOURADOS-MS
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

T254e Tebar, Mariana Manzato

EFEITO RESIDUAL DO PÓ DE BASALTO NOS ATRIBUTOS
QUÍMICOS DO SOLO

[recurso eletrônico] / Mariana Manzato Tebar. -- 2023.

Arquivo em formato pdf.

Orientadora: Alessandra Mayumi Tokura Alovisi.

TCC (Graduação em Agronomia) -Universidade Federal da Grande
Dourados, 2023. Disponível no Repositório Institucional da UFGD

em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Por

Mariana Manzato Tebar

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos exigidos para
obtenção do título de ENGENHEIRA AGRÔNOMA

Aprovado em: 20 de abril de 2023.



Documento assinado digitalmente
ALESSANDRA MAYUMI TOKURA ALOVISI
Data: 05/05/2023 09:31:40-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Dr^ª. Alessandra Mayumi Tokura Alovisi
Orientador – UFGD/FCA



Documento assinado digitalmente
ELISANGELA DUPAS
Data: 05/05/2023 13:56:05-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Dr^ª. Elisângela Dupas
Membro da banca – UFGD/FCA

Me. Natália Dias Lima
Membro da banca – UFGD/FCA

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço à minha família, aos meus pais Edna Manzato de Souza e Carlos Cesar Tebar, por todo amor e apoio que sempre me deram. Sem eles não conseguiria alcançar tudo que conquistei.

Agradeço aos meus amigos e amigas, pela companhia, reflexões, conversas e ajuda em muitos estudos e trabalhos a campo. Também agradeço o grupo de estudo em fertilidade do solo, pelos trabalhos que desenvolvemos em conjunto.

À minha orientadora Profa. Dra. Alessandra Mayumi Tokura Alovisei pelos conhecimentos compartilhados, ensinados e ajuda no desenvolvimento deste trabalho.

Aos funcionários e servidores da FCA e FAECA, sem eles este trabalho não seria possível de ser realizado.

TEBAR, Mariana Manzato. **Efeito Residual do pó de basalto nos atributos químicos do solo.** 2023. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônômica) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2023.

RESUMO

Os fertilizantes são primordiais para a cadeia produtiva, entretanto, o Brasil é altamente dependente de países exportadores de matérias primas para o abastecimento interno. Portanto, alternativas para minimizar esta dependência na agricultura brasileira são necessárias. Atualmente, o Brasil é o quinto maior consumidor de NPK do mundo, sendo dependente do mercado externo. Dessa forma, os remineralizadores de solo são uma opção para complementar a adubação química e reduzir a dependência externa. Isto porque seu material de origem é natural e fonte de vários nutrientes para as plantas, além de possibilitar a estruturação de solos mais estáveis para a produção agrícola. Sendo assim, objetivou-se avaliar o efeito residual de doses de pó de basalto nos atributos químicos do solo, após cultivo de milho segunda safra, em 2021. O experimento foi realizado em área experimental da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), no município de Dourados, MS. O solo do local foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférico. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos por cinco doses de pó de rocha (0, 2,5, 5,0, 7,5 e 10 Mg ha⁻¹) aplicados manualmente na superfície, sem incorporação, 30 dias antes da semeadura da soja, na safra de 2017/18. Após a colheita do milho, coletou-se amostra de solo para posterior análise química. Foram coletadas duas amostras na linha e quatro amostras na entrelinha, em diferentes locais na parcela útil, estratificando-se as camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade, formando uma amostra composta por parcela, para cada camada do solo. O solo foi levado ao laboratório de solos da Faculdade de Ciências Agrárias, passado em peneira de 2,0 mm e seco ao ar. Foram analisados: pH em água, pH CaCl₂, M.O, Ca, Mg, K, P Melich⁻¹, Al, H+Al, Cu, Fe, Mn e Zn. Os dados coletados das diferentes variáveis mensuradas foram empregados em análises de variância (ANOVA), pelo teste F. O residual do pó de rocha basáltica influenciou o pH em CaCl₂, pH em água, ferro, cobre e relação Ca/Mg para a camada de 0-10 cm, com aumento linear dos valores de pH e dos teores de Fe e Cu em função das doses do pó de basalto. Para a camada de 10-20 cm, houve influência no pH em CaCl₂ e pH em H₂O, com aumento linear dos valores de pH em função das doses do pó de basalto. O pó de basalto possui potencial de uso na agricultura, principalmente devido às suas propriedades de fornecer micronutrientes ao solo e seu poder alcalinizante.

Palavras-chave: Remineralizador de solo; atributos químicos do solo; agricultura sustentável.

ABSTRACT

Fertilizers are essential for the production chain, however, Brazil is highly dependent on countries that export raw materials for domestic supply. Therefore, alternatives to minimize this dependence on Brazilian agriculture are necessary. Currently, Brazil is the fifth largest consumer of NPK in the world, being dependent on the foreign market. Thus, soil remineralizers are an option to complement chemical fertilization and reduce external dependence. This is because its source material is natural and a source of various nutrients for plants, in addition to enabling the structuring of more stable soils for agricultural production. Therefore, the objective was to evaluate the residual effect of doses of basalt powder on the chemical attributes of the soil, after growing corn second crop, in 2021. The experiment was carried out in an experimental area of the Federal University of Grande Dourados (UFGD), in the municipality of Dourados, MS. The local soil was classified as Distroferric Red Latosol. The experimental design was randomized blocks, with three replications. The treatments consisted of five doses of rock dust (0, 2.5, 5.0, 7.5 and 10 Mg ha⁻¹) manually applied to the surface, without incorporation, 30 days before soybean sowing, in the harvest from 2017/18. After corn harvesting, a soil sample was collected for further chemical analysis. Two samples were collected in the line and four samples between the lines, in different places in the useful plot, stratifying the layers of 0-10 and 10-20 m deep, forming a sample composed by plot, for each soil layer. The soil was taken to the soil laboratory of the Faculty of Agricultural Sciences, passed through a 2.0 mm sieve and dried in the air. The following were analyzed: pH in water, pH CaCl₂, M.O, Ca, Mg, K, P Melich-1, Al, H+Al, Cu, Fe, Mn and Zn. The data collected from the different measured variables were used in analysis of variance (ANOVA), by the F test. The residual of the basaltic rock dust influenced the pH in CaCl₂, pH in water, iron, copper and Ca/Mg ratio for the layer of 0-10 cm, with a linear increase in pH values and Fe and Cu contents as a function of basalt powder doses. For the 10-20 cm layer, there was an influence on pH in CaCl₂ and pH in H₂O, with a linear increase in pH values depending on the doses of basalt powder. Basalt powder has potential for use in agriculture, mainly due to its properties of providing micronutrients to the soil and its alkalizing power.

Keywords: Soil remineralizer; Mining waste; Sustainable Agriculture.

SUMÁRIO

1 Introdução	5
2 Revisão de literatura	7
2.1 Fertilizantes químicos solúveis	7
2.2 Rochagem: uma alternativa ao uso de fertilizantes químicos solúveis	8
3 Material e Métodos	11
3.1 Caracterização da área experimental	11
3.2 Delineamento experimental e tratamentos	11
3.3 Implantação e condução do experimento	11
3.4 Mensuração das avaliações	12
3.5 Análises estatísticas	12
4 Resultados e Discussões	13
4.1 Atributos químicos do solo: camada superficial do solo (0-10cm)	13
4.2 Atributos químicos do solo: camada subsuperficial do solo (10-20cm)	19
5 Conclusão	22
6 Referências Bibliográficas	22

1. INTRODUÇÃO

Os solos do Mato Grosso do Sul, em sua maioria, possuem acidez ao longo do perfil, baixos teores de nutrientes e são intemperizados, além de possuírem baixa capacidade de retenção de água, dificultando o crescimento em profundidade das raízes (BROCH & RANNO, 2009).

Mesmo diante deste cenário, o estado do Mato Grosso do Sul apresentou, em média, 2 milhões de hectares cultivados de milho na safra de 2021. A colheita resultou em pouco mais de 6 milhões de toneladas, porém, houve redução de 40% na expectativa de produtividade, devido ao granizo e a estiagem na fase de maturação da cultura (SEMAGRO, 2021).

Em geral, a produtividade agrícola é dependente de fatores genéticos, nutricionais, ambientais e fitossanitários (FERNEDA *et al.*, 2019). A nutrição no milho tem importante papel no desenvolvimento da cultura e o manejo determina a produtividade dos grãos. Os ganhos produtivos dependem do desenvolvimento de tecnologias e melhorias nos sistemas de produção que possibilitam maior eficiência na nutrição das plantas e que sejam mais econômicas e sustentáveis.

Diante disto, percebe-se a importância dos fertilizantes nesta cadeia produtiva. Atualmente, o Brasil é o quinto maior consumidor de fertilizantes nitrogenados, potássicos e fosfatados (NPK) do mundo, sendo dependente do mercado externo. Alternativas para minimizar esta dependência são de suma importância. Dessa forma, os remineralizadores de solo, ou pós de rocha, são uma opção para complementar a adubação química e reduzir a dependência externa. O pó de rocha, por possuir material de origem natural, é fonte de vários elementos considerados nutrientes para as plantas, como fósforo, cálcio, potássio, magnésio e ferro. Sendo assim, a adição deste material possibilita a estruturação de solos mais estáveis para a produção agrícola (WRITZL *et al.*, 2019).

Remineralizadores de solo são definidos como: “material de origem mineral que tenha sofrido apenas redução e classificação de tamanho por processos mecânicos e que altere os índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas, bem como promova a melhoria das propriedades físicas ou físico-químicas ou da atividade biológica do solo” (BRASIL, 2013). Portanto, o pó de rocha, um resíduo da britagem, pode ser reutilizado no setor agrícola, compondo, assim, uma logística reversa.

O pó de rocha basáltica é um dos que apresenta maior potencial de uso na agricultura devido a sua composição mineralógica diversa e pela sua ampla distribuição geográfica. O pó de basalto é obtido pela trituração e moagem das rochas basálticas, sendo o fornecimento dos elementos considerados nutrientes para as plantas um processo complexo, dependente da

granulometria, tempo de reação, pH do solo e atividade biológica (ESCOSTEGUY & KLAMT, 1998).

O Brasil apresenta rochas com potencial de serem remineralizadores de solo, como o basalto (rocha ígnea vulcânica). Segundo Theodoro e Leonardos (2011), as rochas vulcânicas são as que tem apresentado melhores resultados, pois são compostas por minerais formados a partir de magmas mais segregados quimicamente e com baixo teor de sílica, ou seja, ricas em silicatos de ferro e magnésio.

Estudos de Theodoro (2000) utilizando o pó de basalto na agricultura mostraram benefícios, como pH menos ácido, redução na saturação por alumínio e aumento dos teores de Ca, P, Mg e K em solos de áreas do Cerrado. Além disso, o pó de basalto possui minerais silicatados em sua constituição e quando aplicado via solo enriquecem os compostos orgânicos, auxilia na mineralização de solos degradados (THEODORO *et al.*, 2013) e promove a elevação na capacidade de troca de cátions do solo devido à formação de minerais de argila (ALMEIDA *et al.*, 2007).

Segundo Von Fragstein *et al.* (1988), as rochas vulcânicas fonolíticas e basálticas apresentam as maiores taxas de liberação de cátions e possuem pH, em extrato aquoso, de 8 a 10, possuindo características para reduzir a acidez do solo. Ademais, as rochas basálticas, em local tropical e úmido, passam por processos de intemperismos, sendo a taxa de liberação de macro e micronutrientes relativamente mais rápida do que as rochas ígneas ricas em sílica, como o granito.

Entretanto, a aquisição deste insumo não é tão simples, por ainda não existir cadeias produtivas locais que fomentem a utilização deste resíduo. Outro desafio é a escolha do pó de rocha a ser utilizado no solo, dependendo das necessidades de cada solo e das condições climáticas locais. Rochas máficas, por exemplo, apresentam altos teores de minerais ferromagnesianos, contendo elementos como Ca, Mg e Fe. Já as rochas félsicas e micas contem menores teores dos elementos citados e maiores teores de silicatos de potássio, ferro e magnésio, sendo melhor utilizadas em solos com baixos de teores de potássio, por exemplo (VAN STRATEEN, 2006).

No estado do Mato Grosso do Sul, pode-se citar a Pedreira Esteio como uma fonte de pó de rocha basáltica. Em 2019, o custo da tonelada deste resíduo da britagem custava em torno de 50 reais (REVISTA DBO, 2019).

Dessa forma, objetivou-se avaliar o efeito residual de doses de pó de basalto nos atributos químicos do solo, após cultivo de milho na safra de 2021.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Fertilizantes químicos solúveis

A agricultura pautada na aquisição de insumos, como é o modelo vigente de produção, baseado em tecnologias como melhoramento genético, mecanização, defensivos agrícolas e fertilizantes químicos solúveis, iniciou-se no Brasil no século XX. No entanto, o modelo de produção agrícola, dependente da homogeneidade da cultura agrícola implantada, data desde antes na história brasileira, sendo este o sistema de *plantation*, caracterizado por extensas áreas cultivadas com cana-de-açúcar, algodão e café (FOLHES & FERNANDES, 2022).

Com o fim da legalidade do trabalho escravo no sistema de *plantation*, as relações de trabalho no campo mudaram, assim como a base tecnológica da produção, sendo difundido o advento da química e mecânica aplicadas à agricultura. Somado a isso, as relações comerciais internacionais, motivadas pelo crescimento urbano e industrial, impulsionaram mercados agrícolas com as tecnologias necessárias para altas produtividades, como os fertilizantes químicos solúveis (FOLHES & FERNANDES, 2022).

Dessa forma, a Revolução Verde, um exemplo do fomento do mercado internacional sobre a economia de países tropicais, influenciou o modelo de produção no qual a agricultura brasileira está inserida, dita agricultura convencional. Sendo assim, existe a necessidade de utilização de fertilizantes químicos solúveis para culturas anuais que demandam rápida disponibilização e nutrição elevada para produtividades cada vez mais desafiadoras (VAN STRATEEN, 2006).

Historicamente, foi durante a Idade Média, na região de Flandres, que a adubação começou a ser tratada como negócio/comercialização. A fabricação de fertilizantes data de 1843, com a produção de superfosfato simples, sendo este setor impulsionado com o advento da síntese de amônia, o que possibilitou a produção de adubos nitrogenados (SALBEGO, 2021).

Anteriormente à utilização de fertilizantes solúveis, as sociedades pré-mercantilistas já possuíam conhecimentos sobre adubações alternativas aos fertilizantes químicos solúveis, os quais surgiram após tais sociedades. Os povos da região Andina, por exemplo, conheciam técnicas muito eficientes, como terraços com camadas de terras com mais de 3 m de altura, além do uso de materiais contendo fosfato de cálcio, ureia, sulfato de sódio e potássio, resultante de uma mistura de fezes e restos de aves marinhas que eles buscavam no litoral do Oceano Pacífico (DIAS, 2005).

Os fertilizantes químicos solúveis, apesar de ser uma opção eficiente para a agricultura, principalmente culturas que demandam uma rápida disponibilização de nutrientes, devido ao seu ciclo de cultivo, fazem parte de uma cadeia de produção custosa, sendo baseada na exploração de matérias primas como gás natural, petróleo, rochas fosfáticas e rochas potássicas. Somado a isso, o aumento dos custos de transporte, devido aos preços do gás natural e petróleo, encarece mais ainda estes insumos, além de reduzir o acesso a pequenos agricultores. Esta produção exploradora de recursos e custosa no seu transporte, não é em longo prazo sustentável (DIAS & FERNANDES, 2006).

Devido a sua característica de rápida liberação, os fertilizantes químicos solúveis também apresentam perdas para o meio, através da volatilização, lixiviação e fixação. Dessa forma, a indústria de fertilizantes buscou estratégias pra minimizar tais perdas, como a criação da ureia revestida com enxofre e fertilizantes revestidos com polímeros. Já o uso de remineralizadores no solo possui efeito residual, pois liberam gradualmente no solo os nutrientes presentes nos minerais do pó de rocha, além de argilas devido a constituição de minerais silicatados (VAN STRATEEN, 2006).

Portanto, o uso de fertilizantes químicos solúveis é primordial para o modelo de produção agrícola vigente. Entretanto, alternativas para minimizar esta dependência na agricultura brasileira são necessárias, sendo possível complementar as adubações químicas com outros produtos, além de diversificar o manejo das áreas cultivadas, impactando na melhoria da saúde do solo e dos alimentos produzidos.

2.2 Rochagem: uma alternativa ao uso de fertilizantes químicos solúveis

Em 1898, Julis Hensel publicou seu livro *Pães de Pedra*, o qual descrevia sobre o uso de pó de rocha no solo e como isto o conduzia ao estado natural de sua fertilidade. Entretanto, também havia Justus Von Liebig, que por volta de 1820, em seus estudos, descobriu que batatas e cereais possuíam teores de cinzas constante, o que gerou um gatilho para focar na química do solo, pensando na agricultura como dependente de um solo com os sais encontrados nas cinzas, ao invés de focar na matéria orgânica e vida do solo. Isto revolucionou a economia do mundo (PINHEIRO, 2011).

Com este conhecimento, iniciou-se então a adubação química na Alemanha, onde foi possível maiores produções em áreas menores, o que alterou a cobiça pelo solo fértil, com terra escura, muito procurada até então pelas grandes nações do mundo. Dessa forma, impulsionados pela busca de rochas para serem processadas nos sais que seriam os componentes de tais adubos químicos propostos por Liebig, ocorreu na América do sul a chamada Guerra do Guano (1879-1884), na qual alemães, britânicos e franceses disputavam o litoral do Pacífico, território dos uruguaios, chilenos e peruanos, em busca das rochas salitrosas (PINHEIRO, 2011).

A guerra foi vencida pelos britânicos, fazendo com que o alemão Liebig fosse para a divisa entre Uruguai e Argentina e construísse um frigorífico, onde vendia farinha de osso. Com isto, ele começou a fazer misturas de minerais ricos em potássio, obtendo o *Phoska*, que do alemão significa *Phosphorus* e *Kali*, conhecidos como fósforo e potássio. Ao agregar nitrogênio à mistura, Liebig criou o *NitroPhoska*, conhecido como o NPK, utilizado até hoje na agricultura mundial (PINHEIRO, 2011).

A partir das modificações para fabricação do *Nitrophoska*, era obtida a pólvora. Portanto, a Alemanha possuía pólvora para uso militar a partir de fábricas ditas civis, além disso, era total a aceitação do país em utilizar a nova tecnologia dos adubos químicos na agricultura. Livros como “Pães de Pedra” de Julius Hensel, foram impedidos de serem divulgados. Vale ressaltar ainda que, na Holanda, Suíça e Alemanha, o uso de rochas moídas era uma tradição antes das descobertas de Liebig (PINHEIRO, 2011).

Portanto, percebe-se que todo o conhecimento sobre a rochagem é muito antigo, mas ainda é uma ciência recente. Seu uso na agricultura não é amplamente difundido como os fertilizantes químicos solúveis são.

A rochagem é uma técnica que pode ser vista como uma alternativa mais ecológica, devido ao seu material não passar pelos processos químicos das indústrias de fertilizantes químicos solúveis, passando apenas pela modificação da granulometria do material. Ademais, possuem a característica de solubilidade lenta, disponibilizando os nutrientes por um período residual no solo, enquanto o rejuvenesce, devido a deposição dos minerais silicatados presentes em sua composição (SILVEIRA & LIMA, 2007).

As rochas basálticas são umas das que mais apresentam utilidade na agricultura, devido a sua composição, taxa de liberação de cátions e capacidade de calagem devido ao seu pH de 8 a 10. Apresentam taxa relativamente rápida de intemperismo e liberação de seus macros e micronutrientes, sendo mais rápida do que a de rochas ígneas ricas em sílica, como granitos (VAN STRATEEN, 2006).

Segundo Groth *et al.* (2017), o pó de basalto possui ampla diversidade de substâncias que o compõe, como os minerais silicatados, cálcio, magnésio, ferro e óxidos de silício, promovendo a elevação na capacidade de troca de cátions, devido a formação de minerais de argila.

Estudos sobre o uso de pó de rocha em solos tropicais ainda são recentes, apesar da rochagem ser um conhecimento antigo. Países como a Uganda ilustram o uso de resíduos de rochas de silicato máfico, um subproduto da britagem, na agricultura, principalmente em solos degradados (VAN STRATEEN, 2006).

No Brasil, há estudos como de Leonardos *et al.* (1991), que fornecem resultados positivos de experimentos sobre o uso de pó de rocha em cultivos de *Phaseolus vulgaris* e *Pennisetum purpureum*, feijão e capim *Napier* respectivamente, em solos lateríticos. Portanto, percebe-se a necessidade de mais estudos sobre o uso de pó de rocha na agricultura, principalmente em solos tropicais.

Vale ressaltar, ainda, como a dependência brasileira a importação de fertilizantes químicos solúveis é facilmente influenciada pelos conflitos internacionais e seus impactos nos preços de tais insumos. Neste contexto, pode-se citar a Guerra entre Rússia e Ucrânia, em 2022, que impactou a logística de transporte de fertilizantes produzidos na Rússia, principalmente os nitrogenados, além disso a União Europeia e EUA investiram sanções econômicas como forma de repudiar o conflito. Entretanto, o oligopólio das empresas de fertilizantes continuou a lucrar, justamente devido a dependência de países como o Brasil, que importou, em 2022, 23,6 milhões de toneladas de NPK, 15,5% a mais que no ano anterior, com um custo de 175,3% a mais que na safra anterior (NASCIMENTO, 2022).

Sendo assim, além de seus benefícios na agricultura, o pó de rocha também atua em reduzir a dependência de fertilizantes químicos solúveis importados, além de se utilizar um resíduo da mineração, compondo a logística reversa e sustentabilidade, de fato, de uma cadeia produtiva.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi realizado em área experimental da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), no município de Dourados, MS. O local situa-se em latitude de 22°14'08" S, longitude 54°59'13" W e altitude de 434 m, durante a segunda safra de 2021, no período de 10/03/2021 a 04/09/2021. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico – LVdf de textura muito argilosa (SANTOS *et al.*, 2018). O clima da região, segundo classificação de Koppen, é do tipo Am, com verão chuvoso e inverno seco, com precipitação, temperatura média e umidade relativa anual de 1419 mm, 23,4°C, 67%, respectivamente (FIETZ *et al.*, 2017).

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos por cinco doses de pó de rocha (0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10 Mg ha⁻¹) aplicados manualmente na superfície, sem incorporação, 30 dias antes da semeadura da soja, safra 2017/18. Cada unidade experimental era constituída por sete linhas de cinco metros de comprimento, espaçadas em 0,45 m, perfazendo uma área total de 18 m².

O pó de basalto utilizado foi coletado na Mineradora Tozzi Junqueira Ltda-ME, situada no município de Itaporã – MS. O produto principal da pedreira é a brita e o pó de basalto é considerado um resíduo no processo de moagem. 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 e Mn: 394 mg kg⁻¹, os elementos Cd, As, Pb, Hg e Mo se encontravam abaixo da faixa de quantificação. Os elementos macro e micro foram determinados por espectrometria de emissão, ICP.

3.3 Implantação e condução do experimento

Antes da implantação do experimento, foi cultivado na área experimental a sucessão soja/milho em plantio direto, durante quatro safras (safras 2017/2018, 2018/2019, 2019/2020 e 2020/2021). No ano de 2017 foi aplicado manualmente na superfície, sem incorporação, 30 dias antes da semeadura da soja. Durante as safras de 2017/2018, 2018/2019, 2019/2020, foram

adicionados ao solo do experimento 200 kg de NPK 05-25-06, como adubação complementar. Na safra de 2020/2021, havia apenas o residual do pó de basalto.

A semeadura do milho, híbrido DKB255PRO3, ocorreu no dia 10 de março de 2021. Foi utilizado semeadora adubadora, modelo Semeato, equipada com sete linhas, na densidade de semeadura de 16 plantas m^{-1} . O milho foi cultivado somente com o residual do pó de basalto.

3.4 Mensuração das avaliações

Após a colheita do milho coletou-se amostra de solo para a análise química. As amostras foram realizadas com auxílio de um trado tipo “caneco”, coletando-se duas amostras na linha e quatro amostras na entrelinha, em diferentes locais na parcela útil, estratificando-se as camadas de 0 a 10 e 10 a 20 m de profundidade, formando uma amostra composta por parcela para cada camada do solo. O solo foi levado ao laboratório de fertilidade do solo da FCA/UGD, passada em peneira de 2,0 mm, e seco ao ar. Foram analisados: pH em água, pH $CaCl_2$, M.O, Ca, Mg, K, P Melich⁻¹, Al, H+Al, Cu, Fe, Mn e Zn, conforme metodologia descrita por Claessen (1997). Os resultados das análises foram utilizados para calcular a saturação por bases (V%) e a capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (CTC potencial) das amostras de solo do experimento.

3.5 Análises estatísticas

Para os dados coletados das diferentes variáveis mensuradas foram empregados a análise de variância (ANOVA), pelo teste F. Os dados das doses de pó de rocha (significativos) foram submetidos também à análise de regressão. Os modelos para ajustes das equações foram escolhidos com base no coeficiente de determinação e na sua significância ($p < 0,10$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Atributos químicos do solo: camada 0-10 cm

A análise de variância, com valores do Teste F, para os atributos químicos do solo, na camada de 0-10 cm, encontra-se na Tabela 1. De acordo com Coelho *et al.* (2021), para a cultura do milho, os teores presentes na análise química do solo estão adequados, com exceção das variáveis ferro, cobre e manganês, que se encontram acima do adequado.

Houve efeito significativo do residual das doses de pó de basalto para as variáveis pH em $CaCl_2$, pH em H_2O , relação Ca/Mg, cobre e ferro.

Tabela 1. Resumo da análise de variância, valores do Teste F para atributos químicos do solo, da camada de 0-10 cm, de Acidez do solo (pH), Matéria Orgânica (M.O), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Acidez potencial (H⁺Al), soma de Bases Trocáveis (SB), Capacidade de Troca Catiônica (CTC), Saturação por Bases (V%), Relação Ca:Mg, Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Zinco (Zn) em relação as doses de pó de basalto, Dourados – MS, 2021

Fator de variação	pH (CaCl ₂)	pH (H ₂ O)	M.O	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V%	Ca:Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
Doses (D)	0,027*	0,027*	0,47ns	0,10ns	0,95ns	0,19ns	0,32ns	0,09ns	0,42ns	0,38ns	0,09ns	0,023*	0,009**	0,004**	0,10ns	0,46ns
Média	5,10	5,80	26,6	20,10	6,16	43,52	21,18	60,51	70,83	131,3	54,19	2,80	10,26	29,25	106,75	2,58
C.V. (%)	2,37	2,09	6,06	15,11	24,80	7,42	8,41	14,27	8,67	6,51	9,28	2,80	6,70	11,87	19,15	17,25

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

Observa-se aumento linear do teor de ferro em função das doses de pó de rocha (Figura 1). Segundo Van Straaten (2006), grãos finos de rocha contêm altas proporções de olivina, piroxênios, anfibólios e feldspato plagioclásio, rico em cálcio, bem como baixas concentrações de quartzo livre, os quais têm alta taxa de intemperização natural e que são progressivamente disponibilizados com o incremento das doses aplicadas e do tempo de sua incorporação ao solo.

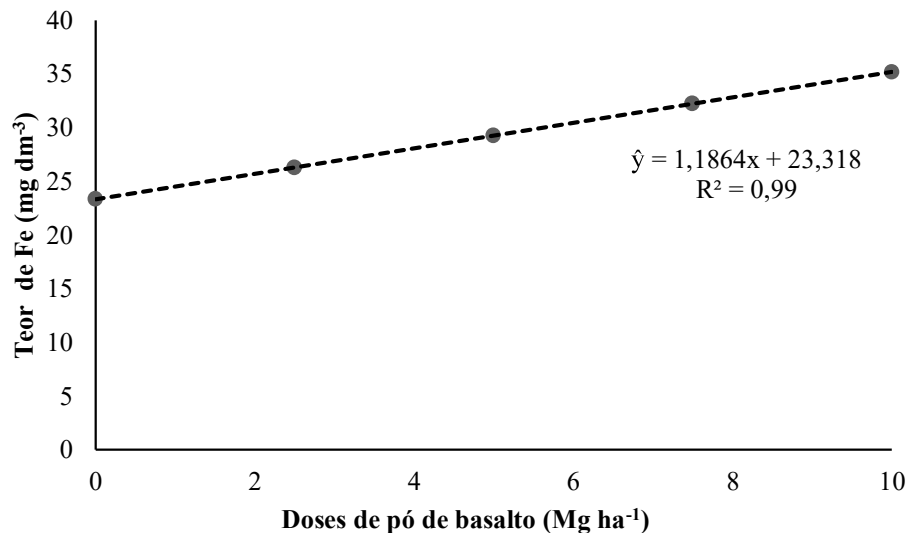


Figura 1. Teor de ferro (Fe) no solo em função das doses de pó de basalto, Dourados-MS, 2021. * significativo a 5%; \hat{y} : equação com as médias estimadas.

De acordo com Coelho *et al.* (2021), os valores de Fe encontrados no presente trabalho são considerados altos, sendo o maior valor de 35,18 mg dm⁻³ quando a dose foi de 10 Mg ha⁻¹. O solo do experimento é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico, o qual possui naturalmente níveis elevados de ferro (SANTOS & ZARONI, 2021). Além disso, a adição do pó de basalto pode ter aumentando tais níveis, devido a sua composição apresentar 22.000 mg kg⁻¹ deste elemento. Segundo Nunes (2012), rochas máficas, como o basalto, apresentam teores elevados de micronutrientes, em destaque o ferro.

Em trabalho realizado por Alovisi *et al.* (2020), os quais avaliaram os atributos químicos do solo na cultura da soja, após uso de pó de basalto, os autores constataram valores de Fe, que também se ajustaram ao modelo matemático linear, de 40 mg dm⁻³ na dose de 10 Mg ha⁻¹.

Concomitante a isto, em estudo realizado por Tebar *et al.* (2021), o qual estudaram o efeito residual de pó de basalto nos atributos químicos do solo, após 3 anos de efeito residual, também em Latossolo Vermelho Distroférico, verificaram que houve aumento de Fe, também de forma linear, em relação ao efeito residual do pó de rocha basáltica, sendo o maior valor de ferro de 35 mg dm⁻³ na dose de 10 Mg ha⁻¹.

Para os valores de pH em água e pH em CaCl₂, os dados se ajustaram ao modelo matemático linear, ou seja, os valores de pH aumentaram à medida que as doses de pó de basalto também aumentaram, com aumento de 0,03 no valor de pH para cada 2 Mg ha⁻¹ de pó de basalto aplicado (Figura 2 e 3, respectivamente).

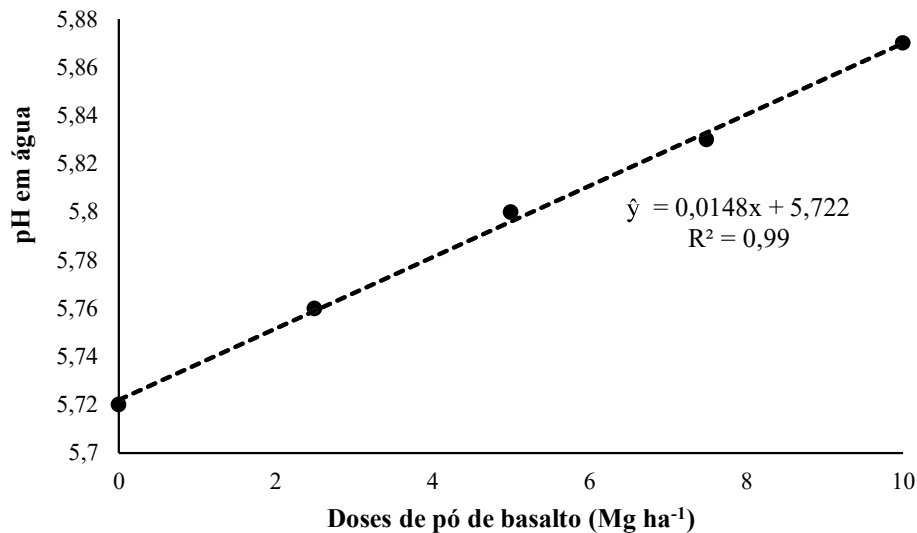


Figura 2. Valores de pH em água em função das doses de pó de basalto, Dourados-MS, 2021. * significativo a 5%; \hat{y} : equação com as médias estimadas.

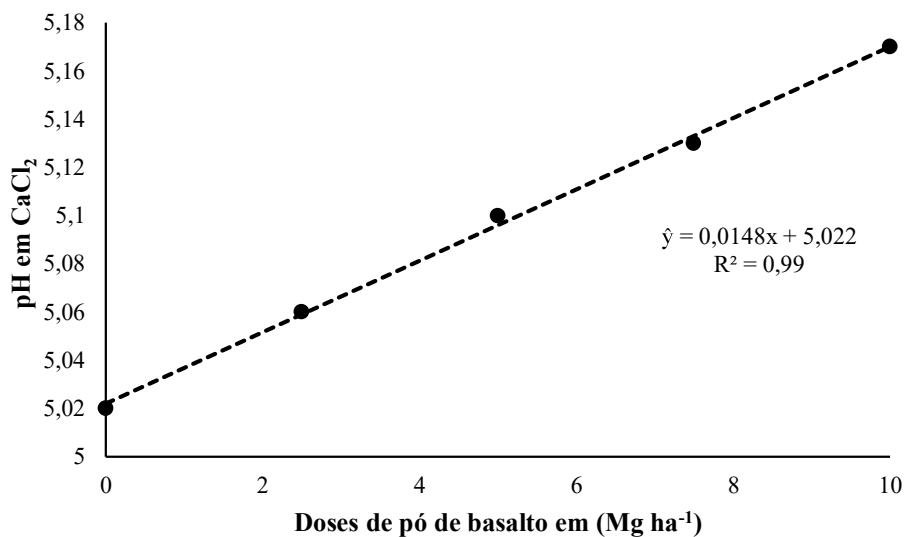


Figura 3. Valores de pH em CaCl₂ em função das doses de pó de basalto, em Mg ha⁻¹ na cultura do milho, Dourados-MS, 2021. * significativo a 5%; \hat{y} : equação com as médias estimadas.

Em trabalho realizado por Oliveira *et al.* (2022), os quais estudaram o efeito residual do pó de basalto nos atributos químicos de um Latossolo Amarelo ácido, os autores perceberam que para a variável pH houve efeito significativo, reduzindo a acidez do solo com aumento do pH em 0,7 unidades.

Possivelmente, devido ao tempo de reação no solo, o pó de basalto pode proporcionar aumento de pH devido as reações de intemperismo dos silicatos. Estes primeiramente liberam alumínio, mas com o tempo, devido ao efeito residual, fósforo, potássio, magnésio, cálcio, sódio e micronutrientes passam a fazer parte da solução do solo, proporcionando o equilíbrio do pH, levando o solo a um processo de rejuvenescimento. Isto porque ocorre a reposição gradativa de cátions básicos, que provém da adição de silicatos e da elevação do pH (KLEIN, 2020).

Segundo Pádua (2012), o pó de basalto possui efeito alcalinizante, que atua na correção da acidez do solo. Isto ocorre, provavelmente, devido a reação dos óxidos de Ca e Mg presentes na composição do material, liberando hidroxilas (OH), ocorrendo a redução da acidez, devido ao aumento do pH. Em estudo realizado por Batista *et al.* (2016), o qual foi em Latossolo Vermelho Amarelo, as doses de pó de basalto, de 0 a 8 Mg ha⁻¹, alteraram os atributos químicos do solo, como CTC, pH, saturação por bases (V%) e soma de bases (SB). Em concordância com este estudo, Melo *et. al* (2012), também verificaram aumento do pH em solo que foi aplicado pó de basalto, após um ano de período residual.

Em estudos realizados por Anda *et al.* (2015), porém com doses mais elevadas, de 0 a 80 Mg ha⁻¹ de pó de basalto, estas influenciaram o atributo pH do solo, tanto na camada de 0-20, como na de 20-40 cm de profundidade. Escosteguy *et al.* (1998), também encontraram resultados semelhantes ao anterior, porém com doses chegando a 100 Mg ha⁻¹.

Para a variável relação Ca/Mg, os dados se ajustaram ao modelo matemático polinomial quadrático, sendo 2,0 o ponto de mínimo encontrado na dose de 3,32 Mg ha⁻¹ (Figura 4).

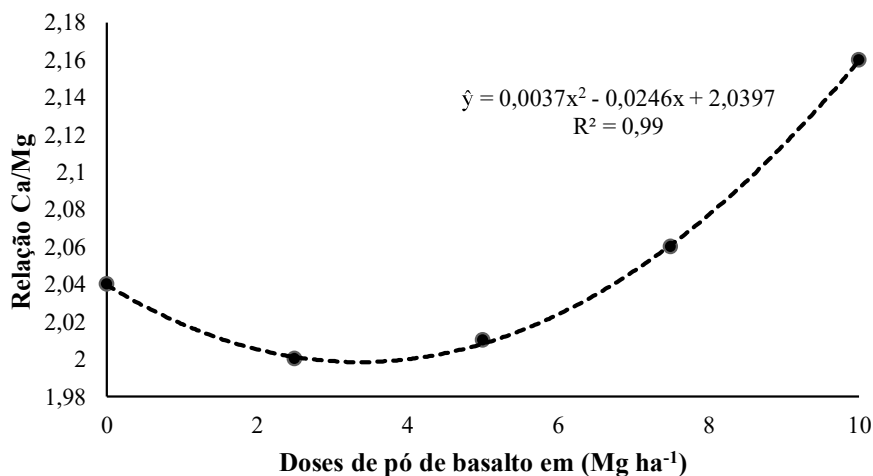


Figura 4. Valores da relação Ca/Mg em função das doses de pó de basalto, Dourados-MS, 2021. * significativo a 5%; \hat{y} : equação com as médias estimadas.

Segundo Silva (1980), o equilíbrio entre as concentrações de cálcio e magnésio no solo são de suma importância para a nutrição, crescimento e desenvolvimento das plantas. A relação entre Ca e Mg interfere na absorção de outros nutrientes, principalmente um em relação ao outro, por possuírem sítios de adsorção no solo parecidos e também na absorção pelas raízes das plantas, ocorrendo a inibição competitiva.

A relação entre os teores de Ca e Mg no solo deve estar no intervalo de 1:1 até o máximo de 10:1, observado o teor mínimo de $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg (SOUSA & LOBATO, 2004). Segundo estudo realizado por Lange *et al.* (2021), a produção de grãos na cultura do milho apresenta bons resultados quando a relação Ca/Mg chega no máximo a 6:1.

O resultado do presente trabalho mostra que o menor valor encontrado para a relação Ca/Mg foi de 2:1 na dose de $3,32 \text{ Mg ha}^{-1}$, enquadrando-se dentro dos limites estabelecidos pela literatura.

De acordo com o resultado encontrado neste estudo, em trabalho realizado por Grosselli (2021), a qual estudou doses de pó de basalto e biocarvão em Latossolo Vermelho Distroférico, a autora constatou que houve efeito significativo das doses de pó de rocha sobre a variável relação Ca/Mg, sendo $3,61 \text{ Mg ha}^{-1}$ a maior dose do pó de basalto para a maior relação Ca/Mg encontrada, sendo esta 2:1.

Para a variável cobre, os dados se ajustaram ao modelo matemático polinomial quadrático, sendo encontrado o ponto de mínimo de $10,39 \text{ mg dm}^{-3}$ de Cu na dose de $2,85 \text{ Mg ha}^{-1}$ de pó de basalto (Figura 5).

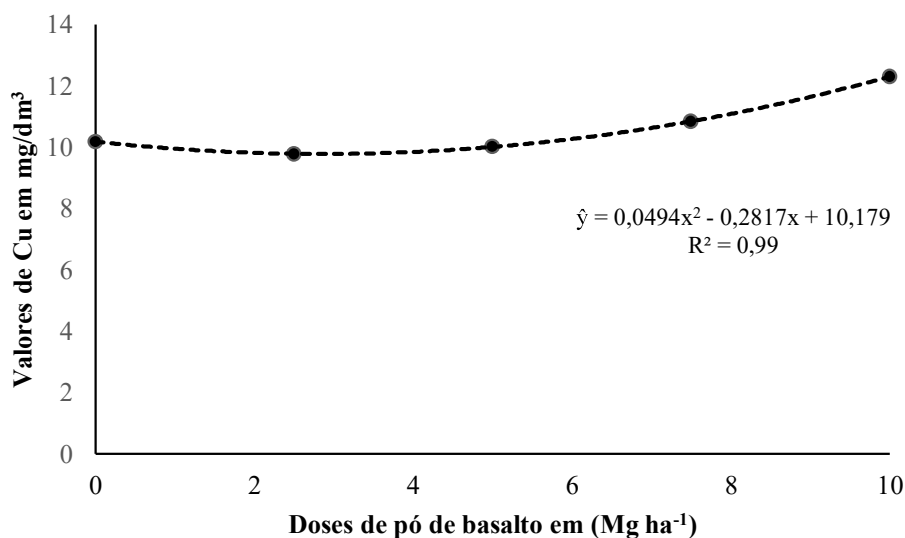


Figura 5. Teores de cobre em função das doses de pó de basalto, Dourados-MS, 2021. * significativo a 5%; \hat{y} : equação com as médias estimadas.

Os valores encontrados de cobre encontram-se acima do adequado, para a cultura do milho. Valores acima de 10 mg dm^{-3} deste nutriente já podem ser considerados altos, pois podem atrapalhar o crescimento radicular das plantas. Este elemento se move lentamente no solo, geralmente sob a forma de complexo orgânico, permanecendo nas camadas mais superficiais, como 0-10 cm. Além disso, quando o pH está abaixo de 6,5, é comum que ocorram concentrações mais elevadas de Cu (PAGANINI *et al.*, 2004).

Em trabalho realizado por Alovisei *et al.* (2020), os autores também encontraram efeito significativo das doses de basalto para a variável cobre e este também se mostrou com valores acima de 10 mg dm^{-3} , semelhante ao resultado encontrado neste estudo.

Melo *et al.* (2012) encontraram resultado diferente deste estudo ao pesquisarem doses de basalto moído em Latossolo Amarelo Distrófico da Savana de Roraima. Apesar da constituição do pó de rocha apresentar valores semelhantes de Cu ao deste estudo, no trabalho realizado pelos autores, na análise química do solo, este elemento manteve-se dentro dos parâmetros adequados, chegando ao valor máximo de 1 mg dm^{-3} . Observa-se também o fato de que as doses utilizadas no experimento dos autores foram dez vezes maiores do que as aplicadas no presente estudo.

Alguns Latossolos, formados a partir de rochas ricas em ferro, podem possuir em sua fração areia a magnetita e ilmenita, sendo estas associadas a elementos-traço (micronutrientes) como o cobre e zinco (SOUSA & LOBATO, 2004). Portanto, possivelmente, devido a esta composição do solo com Cu e também devido a aplicação do pó de basalto rico em Cu, os valores deste elemento no presente trabalho podem ter sido elevados ao patamar acima do adequado.

4.2 Atributos químicos do solo: camada 10-20 cm

A análise de variância, com valores do Teste F, para os atributos químicos do solo, na camada de 10-20 cm, encontra-se na Tabela 2. De acordo com Coelho *et al.* (2021), para a cultura do milho, os teores presentes na análise química do solo estão adequados, com exceção das variáveis ferro, cobre e manganês, que se encontram acima do adequado.

Tabela 2. Resumo da análise de variância, valores do Teste F para atributos químicos do solo, da camada de 10-20 cm, de Acidez do solo (pH), Matéria Orgânica (M.O), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Acidez potencial (H+Al), soma de Bases Trocáveis (SB), Capacidade de Troca Catiônica (CTC), Saturação por Bases (V%), Relação Ca:Mg, Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Zinco (Zn) em relação as doses de pó de basalto, Dourados – MS, 2021.

Fator de variação	pH (CaCl ₂)	pH (H ₂ O)	M.O	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V%	Ca:Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
Doses (D)	0,025*	0,024*	0,96ns	0,47ns	0,65ns	0,36ns	0,72ns	0,11ns	0,56ns	0,66ns	0,15ns	0,72ns	0,71ns	0,50ns	0,81ns	0,76ns
Média	5,11	5,81	25,6	12,68	4,27	40,26	19,36	59,0	63,93	122,93	52,02	2,08	10,76	28,93	94,80	2,26
C.V. (%)	2,97	2,12	11,89	28,64	22,64	11,22	12,44	11,10	11,61	6,60	8,84	7,05	7,09	10,79	13,42	34,57

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

Houve efeito significativo do residual das doses de pó de basalto para as variáveis pH em CaCl₂ e pH em água.

Ambas variáveis se ajustaram ao modelo matemático linear (Figuras 6 e 7, respectivamente). Alovisi *et al.* (2020), também obtiveram resultados semelhantes ao deste estudo ao pesquisarem o efeito residual de pó de basalto nos atributos químicos do solo. Os autores observaram que as doses do pó de rocha influenciaram o pH em CaCl₂ e pH em água, na camada de 10-20 cm, com redução da acidez e aumento do pH, porém os dados dos autores se ajustaram ao modelo matemático polinomial quadrático.

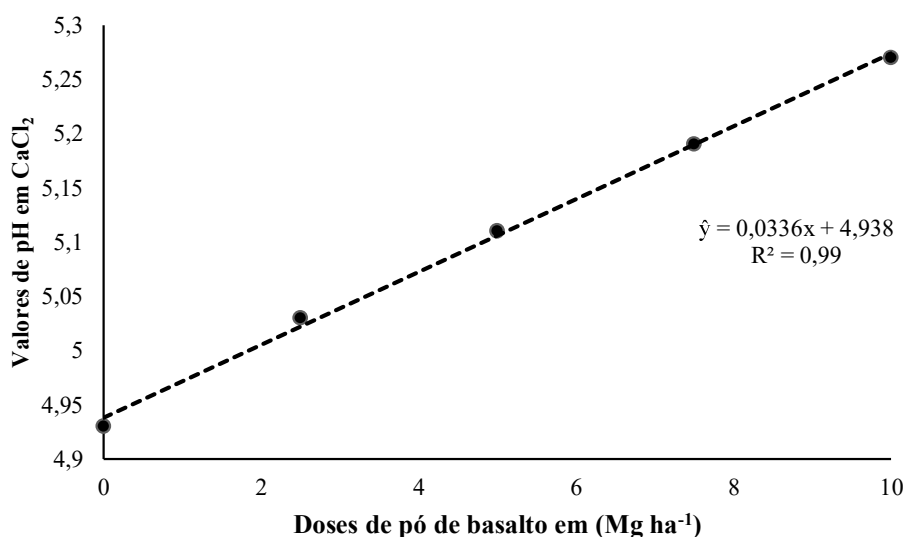


Figura 6. Valores de pH em CaCl₂ em função das doses de pó de basalto, Dourados-MS, 2021. * significativo a 5%; \hat{y} : equação com as médias estimadas.

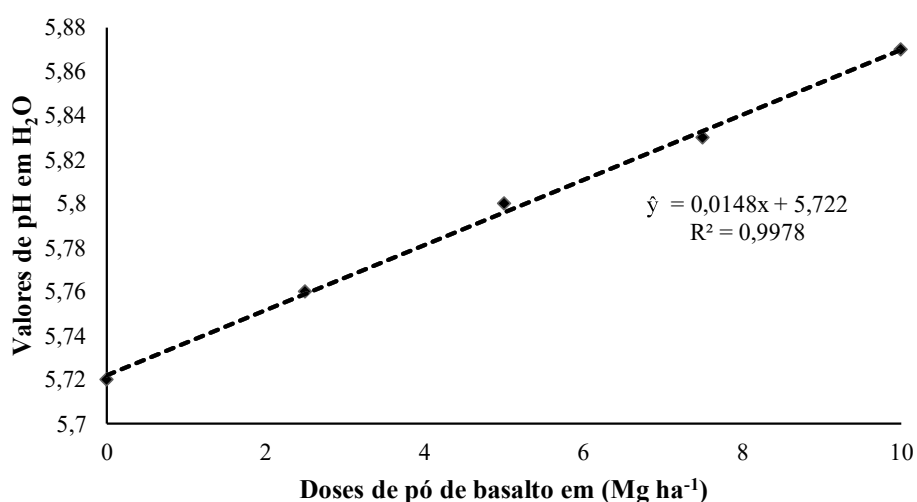


Figura 7. Valores de pH em H₂O em função das doses de pó de basalto, em Mg.ha⁻¹ na cultura do milho, Dourados-MS, 2021. * significativo a 5%; \hat{y} : equação com as médias estimadas.

Em trabalho realizado por Souza (2022), o qual estudou a eficiência agronômica do pó de basalto como remineralizador de solo e fonte de nutrientes para cultura do milho, em dois solos com texturas distintas (Neossolo Quartzarênico e Argissolo Amarelo distrófico), o autor chegou ao resultado de que para ambos solos o pó de rocha influenciou o pH do solo, reduzindo a acidez e aumentando o pH.

Percebe-se seu potencial alcalinizante e de fertilizante, principalmente para micronutrientes. Vale ressaltar que, após o período residual de 4 a 5 anos, é importante realizar a reaplicação do pó de rocha basáltica.

O pó de rocha, especialmente o de basalto, possui potencial de uso na agricultura, principalmente devido às suas propriedades de fornecer micronutrientes ao solo e seu poder alcalinizante

5 CONCLUSÃO

A utilização do pó de basalto apresentou efeito residual após quatro anos de aplicação ao melhorar os atributos químicos do solo, como a redução da acidez do solo nas duas camadas avaliadas, além de influenciar os teores de cobre, ferro e relação Ca/Mg na camada de 0-10 cm.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, E.; DA SILVA, F. J.; RALISCH, R. Revitalização dos solos em processos de transição agroecológica no Sul do Brasil. **Revista Agriculturas**, v. 4, p.7-10, 2007.
- ALOVIS, A. M. T.; GOMES, W. L.; ALOVISI, A. A.; SILVA, J. M.; SILVA, R. S.; CASSOL, C. J.; MUGLIA, G. R. P.; VILABA, L. A.; SOARES, M. P.; TEBAR, M. M.; CERVI, R. F.; RODRIGUES, R. B.; GNING, A. Atributos químicos do solo e componentes agronômicos na cultura da soja pelo uso de pó de basalto. In: RIBEIRO, J. C. (org.). **Impacto, Excelência e produtividade nas Ciências Agrárias no Brasil (parte 3)**. Editora Atenas, 2020. cap. 2, p. 13-26.
- ANDA, M.; SHAMSHUDDIN, J.; ISHAK, C. **Improving chemical properties of a highly weathered soil using finely ground basalt rocks**. CATENA, v. 124, 2015. p. 147-161. 2015.
- BRASIL. Lei nº 12.890, de 10 de dezembro de 2013. Remineralizadores como insumo à agricultura. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 240, 11 dez. 2013.
- BROCH, D. L.; RANNO, S. K. Fertilidade do solo, adubação e nutrição da cultura do milho safrinha: Fundação MS. **Tecnologia e produção: Milho safrinha e culturas de inverno**. 2009.
- CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 1997. (Documentos, 1).
- COELHO, A. M. C.; PITTA, G. V.E.; ALVES, V. M. A.; FRANÇA, G. E. **Adubação Mineral**. Embrapa Milho e Sorgo. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/manejo-do-solo-e-adubacao/adubacao-e-fertilidade-do-solo/adubacao-mineral>. Acesso em: 10 de mar. 2021.

- DIAS, J. C. **Raízes da Fertilidade**. São Paulo: Calandra Editorial, 2005.
- DIAS, V. P.; FERNANDES, E. Fertilizantes: uma visão global sintética. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n.24, p.97-138, 2006.
- Embrapa Cerrados, 414 p., 2004.
- ESCOSTEGUY P.; KLAMT E. Basalto moído como fonte de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 11-20, 1998.
- FERNEDA, B. G.; MARTIM, C. C.; DA SILVA, S. G.; DA SILVA, A. C.; DE SOUZA, A. P. Produtividade real e potencial da sucessão soja/milho em região de transição Cerrado-Amazônia. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.27, n.1, p.9-18, 2019.
- 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).
- FOLHES, R. T.; FERNANDES, D. A. A dominância do paradigma tecnológico mecânico-químico-genético nas políticas para o desenvolvimento da bioeconomia na Amazônia. **Revista Papers do NAEA (Núcleo de Altos Estudos Amazônicos)**, v.31, n.1, 2022.
- GROSSELL, M. A.; **Influência do uso de pó de rocha basáltica e biocarvão em Latossolo Vermelho Distroférrico e no cultivo orgânico de *Phaseolus vulgaris* antecedido por plantas solubilizadoras**. 107 p. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável) – Universidade Federal da Fronteira Sul. 2021.
- GROTH, M. Z.; BELLÉ, C.; BERNARDI, D.; FILHO, R. C. B. Pó-de-basalto no desenvolvimento de plantas de alface e na dinâmica populacional de insetos. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.16, n.4, p.433-440, 2017.
- KLEIN, Z. H. L. **Alteração nos atributos químicos do solo após aplicação de pó de basalto como remineralizador**. 2020. 58 p. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Maringá. 2020.
- LANGE, A.; CAVALLI, E.; PEREIRA, C. S.; CHAPLA, M. V.; FREDDI, O. S. Relações cálcio: magnésio e características químicas do solo sob cultivo de soja e milho. **Revista Nativa**, v.9, n.3, p. 294-301, 2021.
- LEONARDOS, O. H.; ULBRICH, M. L. N.; GASPAR J.C. The Mata da Corda Volcanics. **Field Guidebook Fifth International Kimberline Conference**. 141 p., 1991.
- MELO, F. V.; UCHÔA, P. C. S.; DIAS, O. F.; BARBOSA, F. G. Doses de basalto moído nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo distrófico da savana de Roraima. **Acta Amazonica**, vol. 42, n. 4, p. 471–476, 2012.
- NASCIMENTO, C.D. Os impactos da guerra entre Rússia e Ucrânia no mercado de fertilizantes brasileiro. 2022. 55 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Relações Internacionais) – Instituto de Relações Internacionais, Universidade de Brasília. 2022.
- NUNES, M. J. M. G. **Caracterização de resíduos e produtos da britagem de rochas basálticas e avaliação da aplicação na rochagem**. 2012. Dissertação (Mestrado de avaliação de impactos ambientais em mineração) - Centro Universitário La Salle, Canoas. 2012.
- OLIVEIRA, L. F. M.; SOUZA, M. V. F.; AZEVEDO, G. F.; ROCHA, L. E A.; PIRES, A. G.; PEREIRA, R. E. N.; LEMOS, V. T. A potencialidade do uso de pó de rocha no enriquecimento mineral do solo. **Anais do X Colóquio Técnico de Saúde Única, Ciências Agrárias e Meio Ambiente**. 2022.
- PÁDUA, E. J. **Rochagem como adubação complementar para culturas oleaginosas**. 92 p. Dissertação (Mestrado em Fertilidade do solo e nutrição de plantas) - Universidade Federal de Lavras. 2012.

- PAGANINI, W. S.; SOUZA, A.; BOCCHIGLIERI, M. M. Avaliação do comportamento de metais pesados no tratamento de esgotos por disposição no solo. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 9, n. 3, p. 225-239. 2004.
- PINHEIRO, S.; **Cartilha da Saúde do Solo (Cromatografia de Pfeiffer)**. Fundação Juquira Candiru Satyagraha, 2011.
- REVISTA DBO. Fábrica de pó: cresce o uso de remineralizadores na agricultura. 2019. Disponível em: <https://portaldbo.com.br/fabrica-de-po/>. Acesso em: 10 de mar. 2021.
- SALBEGO, L. **Associação da adubação biológica e química na cultura do milho**. 2021. 62 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura de Precisão) - Universidade Federal de Santa Maria, 2021.
- SANTOS, H. G.; ZARONI, M. J. **Latossolos Vermelhos**. Embrapa Solos. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/latossolos/latossolos-vermelhos>. Acesso em: 10 de mar. 2021.
- SEMAGRO. **Colheita do milho está praticamente concluída e confirma produção de 6 milhões de toneladas**. 2021. Disponível em: <https://www.semadesc.ms.gov.br/colheita-do-milho-esta-praticamente-concluida-e-confirma-producao-de-6-milhoes-de-toneladas/>. Acesso em: 18 fev. 2023.
- SILVA, J. E. Balanço de cálcio e magnésio e desenvolvimento do milho em solos sob Cerrado. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 15, n. 3, p. 3290333, 1980.
- SILVEIRA, M. L.; LIMA, F. M. R. S. O uso de pó de rocha fosfática para o desenvolvimento da agricultura familiar no semi-árido brasileiro. **Anais da Jornada de iniciação científica CETEM/MCT**, Rio de Janeiro, 2007.
- SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2.ed. Planaltina: SOUZA, G. V. L. **Avaliação da eficiência agrônômica do pó de rocha basáltica como remineralizador de solos**. 45 p. Trabalho de Conclusão de curso (Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias) – Universidade Estadual Paulista. 2022.
- TEBAR, M. M.; ALOVISI, A. M. T.; MUGLIA, G. R. P.; VILALBA, L. A.; SOARES, M. S. P. Efeito residual do pó de rocha basáltica nos atributos químicos e microbiológicos do solo e no estado nutricional da cultura da soja. **Revista Research, Society and Development**, v. 10, n. 11. 2021.
- THEODORO, S. H. **A fertilização da terra pela terra: uma alternativa para a sustentabilidade do pequeno produtor**. Tese (Centro de desenvolvimento sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2000.
- THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H. Rochagem: uma questão de soberania nacional. **Anais do XIII Congresso Brasileiro de Geoquímica**, Gramado, RS, 2011.
- THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H.; REGO, K. G.; MEDEIROS, F. P.; TALINI, N. L.; SANTOS, F.; OLIVEIRA, N. Efeito do uso da técnica de rochagem associada à adubação orgânica em solos tropicais. **Anais do II Congresso Brasileiro de Rochagem**, Poços de Caldas, MG, p. 32-41, 2013.
- VAN STRAATEN, P. Farming with rocks and minerals: challenges and opportunities. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.78, p. 731-747, 2006.
- VON FRAGSTEIN, P.; PERTL, W.; VOGTMANN, H. Comportamento do intemperismo de pó de rocha rico em silício em condições de laboratório. **Revista de Nutrição de Plantas e Ciência do Solo**. v.151, p.141-146, 1988.
- WRITZL, T. C.; CANEPELLE, E.; STEIN, J. E. S.; KERKHOFF, J. T.; STEFFLER, A. D.; DA SILVA, D. W.; REDIN, M. Produção de milho pipoca com uso de pó de rocha de basalto

associado à cama de frango em Latossolo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Três Passos, v.9, n.2, p.101-109, 2019.