

Ministério da Educação
Universidade Federal da Grande Dourados
Faculdade de Ciências Agrárias
Curso de Agronomia

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DE
TRIGO SOB PÓ DE ROCHAS**

Gabriele Berno Oliveira

Dourados
Mato Grosso do Sul
2018

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DE TRIGO SOB PÓ DE ROCHAS

Gabriele Berno Oliveira

Orientadora Prof^a Dra. Alessandra Mayumi Tokura Alovisi

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade Federal da Grande Dourados como parte das exigências da Graduação em Agronomia para obtenção do título Engenheira Agrônoma.

Dourados
Mato Grosso do Sul
2018

Dados Internacionais de Catalogação (CPI)

Oliveira, Gabriele Berno

Avaliação dos atributos químicos do solo, e produtividade de trigo cultivado sobre residual de pó de rochas/ Gabriele Berno Oliveira – Dourados: UFGD, 2018

Orientadora: Alessandra Mayumi Tokura Alovisei

TCC (graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados.

1. Basalto 2. Serpentinó 3. Triticum aestivum L.

**Ficha Catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pela autora
©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.**

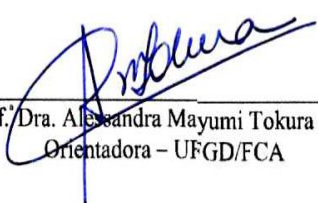
ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DE TRIGO SOB PÓ DE ROCHAS

Por

Gabriele Berno Oliveira

Monografia apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
Engenheira Agrônoma

Aprovada em: 19/02/2018.



Prof.^a Dra. Alessandra Mayumi Tokura Alovisi
Orientadora – UFGD/FCA



Prof.^a Dra. Elaine Reis Pinheiro Lourente
UFGD/FCA



Eng. Agrônomo Alves Alexandre Alovisi
UFGD/FCA

Sumário

RESUMO	6
ABSTRACT	7
1.INTRODUÇÃO.....	8
2. REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1 Uso do pó de rochas na agricultura	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
4.1.1 Atributos químicos do solo – pó de basalto.....	15
4.1.2 Atributos químicos do solo – pó de serpentinito	18
4.2.1 Atributos químicos foliares – pó de basalto.....	21
4.2.2 Atributos químicos foliares – pó de serpentinito.....	23
4.3.1 Componentes de produtividade – pó de basalto.....	24
4.3.2 Componentes de produtividade – pó de serpentinito.....	26
5. CONCLUSÕES.....	28
6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	29

OLIVEIRA, Gabriele Berno. **Atributos químicos do solo e produtividade de trigo sob pó de rochas**. Dourados, 2018. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal da Grande Dourados.

Resumo

A mecanização agrícola e o estímulo a produção em larga escala, no século XX, possibilitou a adoção de fertilizantes industriais solúveis que contribuíram para o aumento das produtividades. No entanto o aumento dos preços e da necessidade cada vez maior por nutrientes causou aumento dos custos de produção inviabilizando a produção em média e pequena escala. Objetivou-se avaliar a capacidade de fornecimento de nutrientes pelo uso de pó de rocha de basalto e serpentinito em diferentes doses e seu efeito na produtividade da cultura do trigo. O experimento foi conduzido na safra de inverno de 2016 na fazenda experimental da UFGD, em Dourados – MS em área de Latossolo Vermelho Distroférico. O delineamento estatístico utilizado foi de bloco ao acaso, em esquema fatorial 5x2 com quatro repetições. Os tratamentos consistiram em doses de pó de basalto e serpentinito (0, 2, 4, 8 e 16 Mg ha⁻¹), e o bioativo nas doses de 0 e 300 g.ha⁻¹. As parcelas tiveram dimensões de 3,6 por 5,0 m. O solo foi coletado em amostras compostas em duas profundidades (0 – 0,1 m e 0,1 – 0,2 m), posteriormente foram analisados os seguintes atributos: pH, Ca, Mg, P, K, H+Al, matéria orgânica e micronutrientes. Foi analisado, ainda, macro e micronutrientes dessas amostras de solo e foliar. A adoção do bioativo com o pó de basalto proporcionou uma maior disponibilidade de fósforo na solução do solo com uma menor dose de pó aplicada, além disso, todos os tratamentos que receberam o bioativo tiveram um pH menor o que está ligado com a formação de ácidos húmicos. Já para os componentes de produção em pó de basalto, a não adição do bioativo aumentou o número de perfilhos e espigas, porém a produtividade não diferiu dos tratamentos com o bioativo, o que pode estar ligado ao aumento do peso das espigas ou dos grãos com tem a adição do bioativo. Já para o pó de serpentinito a adoção do bioativo proporcionou maior número de perfilhos e menor número de espigas, mas a produtividade não diferiu dos tratamentos seu o bioativo.

Palavras-chave: *Basalto; Serpentinito; Triticum aestivum L.*

Abstract

Agricultural mechanization and the stimulat of large-scale production in the twentieth century allowed the adoption of soluble industrial fertilizers that contributed to increased productivity. However, the increase in prices and the growing need for nutrients caused an increase in production costs, making production unviable in the medium and small scale. The objective of this study was to evaluate the nutrient supply capacity for the use of basalt and serpentinite rock powders at different doses and their effect on wheat crop productivity. The experiment was conducted in the winter crop of 2016 at the experimental farm of the UFGD, in Dourados - MS in the area of Red Latosol Distroferric. The statistical design was a randomized block design, in a 5x2 factorial scheme with four replications. The treatments consisted of doses of basalts and serpentinites (0, 2, 4, 8 and 16 Mg ha⁻¹) and the bioactive at doses of 0 and 300 g.ha⁻¹. The plots had dimensions of 3.6 x 5.0 m. The soil was collected in two depths (0 - 0.1 and 0.1 - 0.2 m), after which the following attributes were analyzed: pH, Ca, Mg, P, K, H + Al, organic matter and micronutrients. Macro and micronutrients of these soil and leaf samples were also analyzed. The adoption of the bioactive with the basalt powder provided a greater availability of phosphorus in the soil solution with a lower dose of powder applied; in addition, all treatments that received the bioactive had a lower pH that is connected with the formation of acids humic. However, for the components of basalt powder production, the non-addition of the bioactive increased the number of tillers and spikes, but the productivity did not differ from the treatments with the bioactive, which may be related to the increase of the weight of the spikes or the grains with has the bioactive addition. However, for the serpentinite powder, the adoption of the bioactive provided a greater number of tillers and fewer spikes, but the productivity did not differ from the bioactive treatments.

Keywords: Basalt; Serpentinito; Triticum aestivum L.

1. INTRODUÇÃO

A cultura de trigo (*Triticum aestivum* L.) atingiu uma produção nacional de 6.203 mil toneladas e do estado de Mato Grosso do Sul de 118,2 mil toneladas na safra 15/16 na qual percebe-se um aumento em relação à safra anterior de 12,1 % e 34,2%, respectivamente (Conab, 2016). O uso de fertilizantes químicos e a calagem tem sido dois dos principais instrumentos utilizados para manter e aumentar a produção agrícola.

Contudo, os altos custos dos fertilizantes químicos, o alto consumo de energia na sua produção, bem como, o fato de terem como origem recursos naturais não renováveis, esta situação, traz a necessidade do desenvolvimento de tecnologias para buscar aumento na produtividade das culturas, com utilização racional e equilibrada dos fertilizantes minerais, os quais, se apresentam em até 30% do custo total de produção (Cubilla, 2014).

Esse fato tem contribuído para o aumento no interesse da utilização de fontes alternativas de nutrientes, como o pó de rocha e outros subprodutos da agroindústria e mineração, os quais podem ser aproveitados pelas plantas, com enriquecimento mineral de solos, além de poder apresentar um menor custo econômico (Da Silva, 2007).

O basalto por ser uma rocha básica e rica em diversos nutrientes essenciais, surge como uma fonte potencial de fornecimento destes elementos, dada sua abundância e ampla distribuição geográfica, sendo encontrada próxima as principais regiões agrícolas do estado. A ideia da sua utilização na agricultura, no entanto, não é recente, e desde cedo controversa e polêmica.

Hanisch (2012) relatou que não houve interação da aplicação de doses de pó de basalto em relação as características número de grãos por espiga, peso de grão e produtividade de grão para a cultura do milho, no entanto, Silva (2012) observou que quando associado o pó de rocha com outras adubações, esse proporcionou uma liberação contínua de micronutrientes e aumento da produtividade do feijão.

Com a aplicação de pó de basalto ocorre uma maior disponibilidade dos nutrientes essenciais as plantas, porém, quando no sistema não há dreno para estes nutrientes, o residual pode provocar uma diminuição do pH e dos teores de cálcio e magnésio no solo por conta das substituições isomórficas que ocorrem para a disponibilidade de fósforo, conseqüentemente um aumento do teor de Al (Fonseca, 2010).

Lima (2011) verificou que a adição de pó de serpentinito em compostos orgânicos aumentou a concentração de nitrogênio em 6%, de fósforo em 34% e de potássio em 12% nesses compostos quando incubados no solo, independente da dose aplicada, além de acrescentar um teor maior de cálcio.

Apesar das respostas das plantas a adubações com rochas serem influenciadas pela natureza da rocha e da combinação do tipo de solo e dos cultivos, algumas vantagens como menores taxas de lixiviação de nutrientes e menor fixação de P, são obtidas com o uso desta fonte mineral (Brandão, 2012).

Segundo Theodoro e Leonardos (2006), a taxa de liberação de nutrientes no pó de rocha para solução do solo é considerada lenta, devido à baixa solubilidade de seus minerais constituintes, com menor lixiviação de nutrientes, em comparação aos fertilizantes tradicionais de alta solubilidade.

Contudo, faz-se necessário conhecer o potencial de liberação dos nutrientes, bem como as alterações no solo causadas por esses materiais, acentuado pela existência de escassas informações sobre recomendações de uso e calibração das doses a aplicar.

O presente trabalho visa avaliar a capacidade de fornecimento de nutrientes pelo uso de pó de rocha de basalto e serpentinito em diferentes doses e seu efeito na produtividade da cultura do trigo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Uso de pó de rocha na agricultura

Desde a antiguidade as principais civilizações utilizavam solos naturalmente férteis, estrume de animais, lodo e rochas moídas para aumentar a produção de cereais. De forma intuitiva promoviam a remineralização, recuperação e manutenção da fertilidade do solo (Silva, 2012). No entanto, essas técnicas foram deixadas de lado com o advento da revolução industrial e a produção em larga escala.

Somente com o aumento dos custos de produção ligado diretamente aos fertilizantes industriais, a prática de rochagem voltou a ser discutida nos centros de ensino e pesquisa.

Segundo Silva (2012), a eficiência agrônômica das rochas pode ser alta ou baixa conforme sua origem, composição, tempo de incubação, o tratamento térmico empregado, as culturas utilizadas, a forma de manejo do solo e todos os fatores ligados a esse e que os resultados insatisfeitos estão ligados ao desconhecimento da mineralogia da rocha aplicada e o tamanho da fração utilizada.

Hampf et al. (2009) concordaram com Silva e acrescentaram que a solubilização dos minerais da constituição do pó de rocha ocorreria se modificasse o pH da solução do solo por meio da hidrólise que é uma reação química entre o H^+ e OH^- . Esse autor comentou que os elementos possuem uma liberação para a solução do solo não proporcional com sua proporção estequiométrica ficando uma parte indisponível para a adsorção da planta, ou seja, parte dos produtos transformam-se em novos minerais.

Fonseca et al. (2010) percebeu que em um ambiente sem dreno com a dissolução inicial do pó de basalto com altos teores de Ca, Mg, Si e K ocorre a reabsorção de potássio e formação de novos minerais.

Lopes et al. (2013) afirmou que os processos de liberação dos nutrientes para a solução do solo são lentos e inviáveis para a demanda das culturas anuais e percebeu também que enquanto não tiver tecnologia que possibilite o emprego dos microrganismos em conjunto com o pó de rocha, a rochagem continuará tendo

dificuldades para ser empregada em larga escala. Esse autor apresentou que as rochas basálticas proporcionaram melhorias na fertilidade do solo apesar de não terem alcançado resultados significativos com o basalto microcristalino no estado do Rio Grande do Sul.

Duarte et al. (2013) observou que as plantas adubadas com olivina militito não apresentaram diferença para aquelas adubadas com o KCl na absorção de potássio e a disponibilidade desse no solo.

Ribeiro et al. (2010) recomendou a utilização de pó de rocha em solos empobrecidos para a reconstrução da fertilidade. Da Luz (2016) observou que a produtividade do milho foi maior que a média somente com a aplicação de pó de rocha (Serpentinito e basalto).

Por conta da alta e variada composição de minerais das rochas utilizadas os autores encontraram diferentes resultados diretos e indiretos nas culturas. Como observado por Reynolds et al. (2009) na qual percebeu que as plantas quando adubadas com o silício liberaram voláteis responsáveis pela atração de inimigos naturais, o que auxiliou no controle de herbívoros. Já Masey e Hartley (2009) perceberam uma mudança de hábito dos insetos que se alimentavam de plantas adubadas com silício.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda experimental de Ciências Agrárias 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 434m. O clima, de acordo com a classificação de Koppen, é Cwa. O experimento foi instalado em solo pertencente à unidade de mapeamento São Bento, formação Serra Geral, classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico (Santos, 2013). Os dados de precipitação e temperatura foram obtidos pela Estação Meteorológica da Embrapa Agropecuária Oeste (Figura 1).

Inicialmente foi realizada a amostragem de solo antes da implantação do experimento nas profundidades de 0 - 0,10 m e 0,10 - 0,20 m, para verificar a disponibilidade dos nutrientes no solo para o desenvolvimento da cultura do trigo, de acordo a metodologia de Claessen (1997) encontrando os seguintes resultados: pH (H₂O)= 5,68; M.O. = 27,63 g kg⁻¹ ; P (Mehlich-1) = 9,99 mg kg⁻¹ ; Ca⁺² = 2,93 cmolc kg⁻¹ ; Mg⁺²= 1,36 cmolc kg⁻¹ ; K⁺ = 0,35 cmolc kg⁻¹ ; Al+H = 5,43 cmolc kg⁻¹ ; teor de argila= 560 g kg⁻¹ .

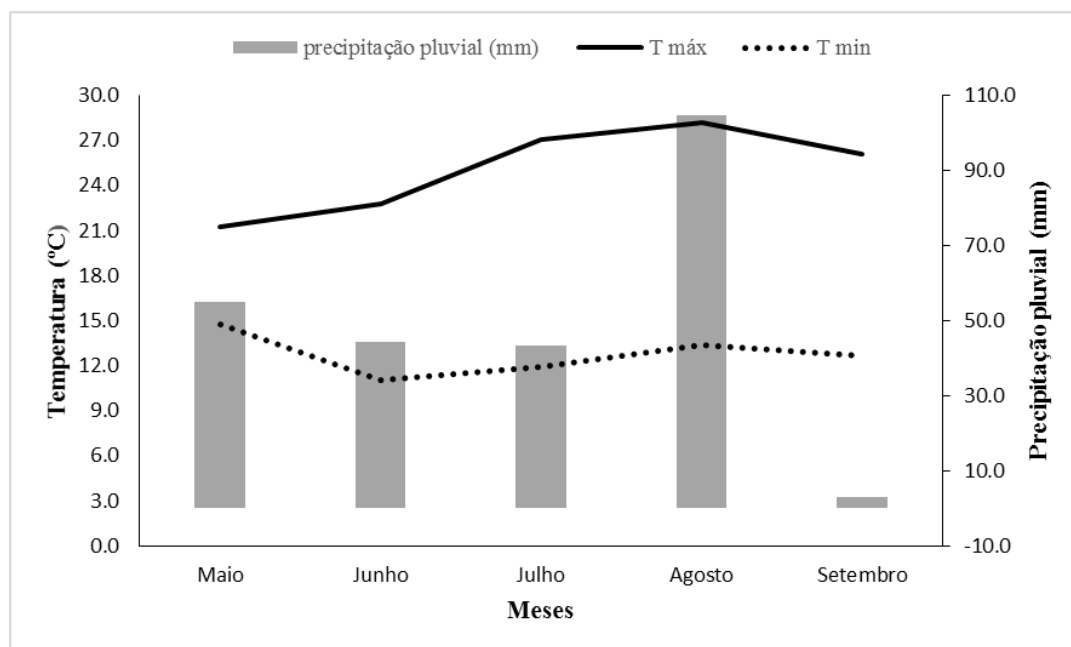


Figura 1. Evolução de precipitação e temperatura máxima e mínima durante o ciclo da cultura.

Fonte: Elaborada com dados meteorológicos da Embrapa CPAO (2018).

O pó de basalto utilizado foi coletado na pedreira Itaporã, situada no município de Itaporã – MS. O pó de basalto apresentava as seguintes características: SiO₂ (49,35%), Al₂O₃ (12,17%), FeO₂ (15,45%), CaO (7,74%), MgO (3,67%), K₂O (1,60%), N₂O (2,62%), TiO₂ (3,67%), MnO (0,23%), P₂O₅ (0,61%). O pó de serpentinito, foi fornecido pela Pedras Congonhas Extração Arte e Industria Ltda., a indústria está localizada no município de Nova Lima – MG. O serpentinito apresentava a seguinte composição: SiO₂ (38,40%), Al₂O₃ (1,31%), FeO₂ (12,66%), CaO (0,66%), MgO (35,07%), K₂O (0,01%), N₂O (<0,01%), TiO₂ (0,03%), MnO (0,09%), P₂O₅ (0,02%)

O bioativo utilizado foi o P energetic k (Bentonita em pó), sendo fornecido pela CENAGRO Central Agrícola Ltda., localizado em Conquista – MG. Constituído de: SiO₂ (56%), Al₂O₃ (16%), Fe₂O₃ (4,0%), CaO (4,0%), MgO (4,0%), K₂O (2,0%), Na₂O (0,4%), micronutrientes (3,5%).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados e os tratamentos em arranjo fatorial 5x2, envolvendo cinco doses de pó de rocha (0, 2, 4, 8 e 16 Mg ha⁻¹), associados ou não a bioativo (0 e 300 g há⁻¹), com quatro repetições.

As parcelas foram alocadas em dimensões de 3,6x5 m, sendo constituída por oito linhas de 5 metros de comprimento, espaçadas em 0,45 m, perfazendo uma área total de 18 m² e uma faixa de 2 metros entre as parcelas. Para as avaliações dos componentes da produção e produtividade do trigo, foram consideradas as duas linhas centrais, desprezando um metro na extremidade de cada linha de plantas.

A aplicação dos pós de basalto e serpentinito foram feitas em novembro de 2012 com a incorporação do material com uma gradagem a uma profundidade de 13 cm, posteriormente foi adotado o sistema de manejo do solo plantio direto com rotação das seguintes culturas: Em 2013 a cultura do milho, safra de verão 2013/14 a cultura da soja, safra de inverno de 2014 a cultura do trigo, no ano de 2015 a cultura de *Urochloa brizantha* e na safra de inverno de 2016 a cultura de trigo. As práticas culturais de controle de doenças, pragas e plantas daninhas foram realizadas o aparecimento das mesmas, através do controle químico quando necessário.

A semeadura do cultivar BR 18 foi realizada no dia 25 de maio de 2016 sem a adição de adubo. Depois de 13 dias foi feita uma aplicação foliar do bioativo. A população estimada foi de 500.000 plantas ha⁻¹.

A amostragem da parte aérea para análise dos teores foliares de nutrientes foi realizada conforme a metodologia descrita em Tedesco et al. (1995). Os teores foliares foram determinados de acordo com Silva (2009).

Foram avaliados os seguintes componentes de produção: número de perfilhos por planta, número de espigas, peso dos perfilhos, peso das espigas e produtividade. Para a determinação foram coletadas de forma manual, as plantas presentes em 1 m² da área útil de cada parcela.

As coletas de amostras de solo foram efetuadas após a colheita do trigo. Em cada parcela foram retiradas amostras nas linhas e entrelinhas da cultura um total de seis amostras simples, para compor uma amostra composta, nas profundidades de 0- 0,10 m e 0,10-0,20 m, para avaliar os teores de pH, Ca, Mg, P, K, H + Al do solo, de acordo com Claessen (1997). As amostras foram acondicionadas e posteriormente levadas para análise no Laboratório de Fertilidade do Solo da FCA-UFMG.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância no programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2011). Para as variáveis doses de pó de basalto e serpentinito, ao comprovar-se diferença significativa, as médias foram ajustadas equações de regressão. Nesta análise, a escolha do modelo de regressão foi baseada na significância dos coeficientes de regressão e no maior valor do coeficiente de determinação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1.1 Atributos químicos do solo – pó de basalto

Houve interação doses de pó de basalto e bioativo somente para teor de fósforo no solo (Figura 2A). Para os demais atributos de fertilidade do solo não houve interação entre os tratamentos, somente efeito isolado de doses, bioativo e profundidade (Figura 2B e 2C e Tabela 1).

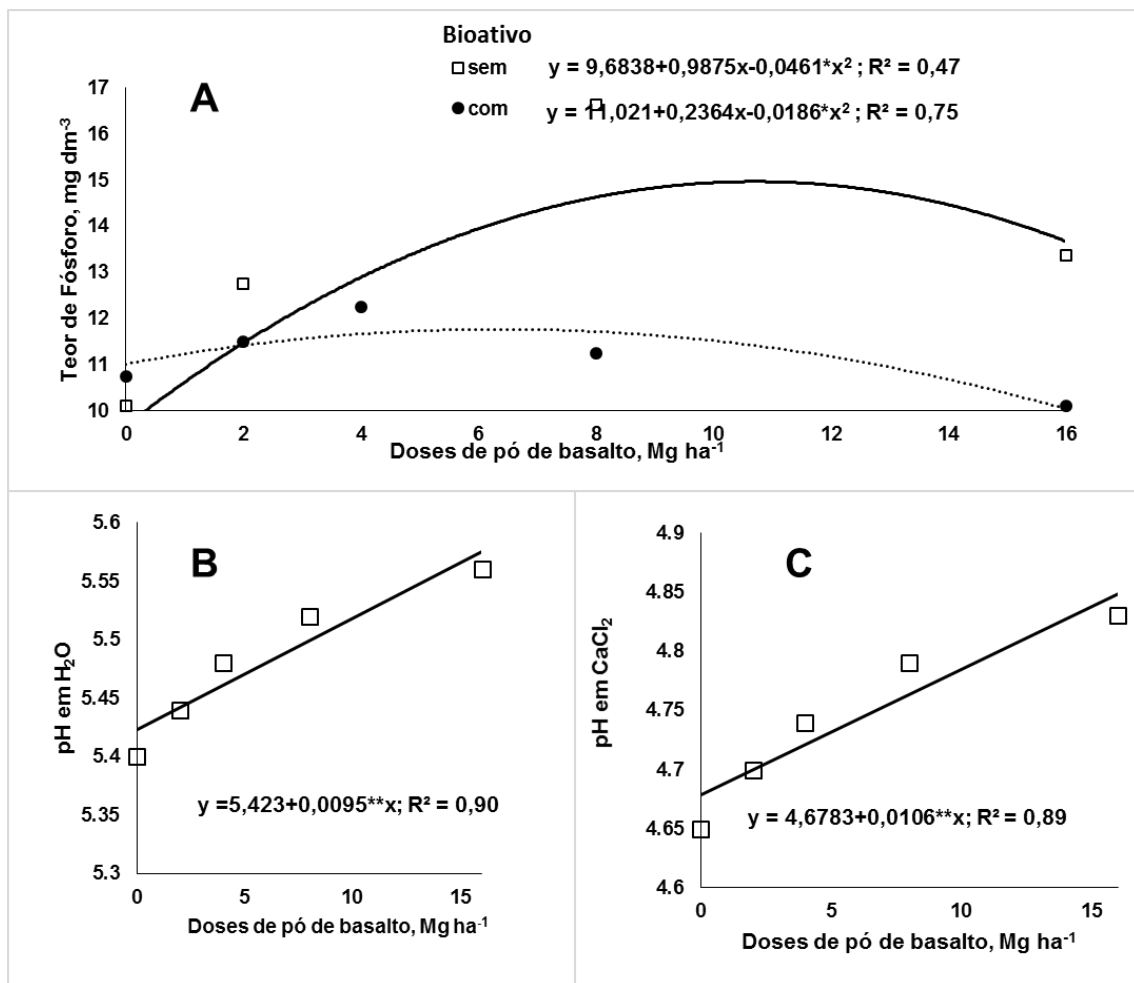


Figura 2. Atributos químicos do solo: teor de fósforo (A), pH em água (B) e pH em CaCl₂ (C), em função de doses de basalto e bioativo. UFGD, Dourados-MS, UFGD, 2016. ns, * e ** são, respectivamente não significativo e significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t.

TABELA 1. Efeito dos fatores bioativo e profundidade, nas medidas de pH em água e CaCl₂, CTC total, acidez potencial, matéria orgânica, potássio, fósforo, cálcio, magnésio, soma de bases e saturação por bases. Dourados-MS, UFGD, 2016.

	pH em água	pH em CaCl ₂	Acidez Potencial	Matéria Orgânica	K	P	Ca	Mg	SB	CTC total	V
	----- mmol _e dm ⁻³ -----										%
Bioativo											
sem	5,57 a	-	53,60 b	-	-	-	30,15 a	11,5 a	45,15 a	98,7 a	45,57 a
com	5,40 b	-	58,15 a	-	-	-	22,22 b	9,07 b	34,32 b	92,60 b	37,12 b
Profundidade											
0-10	5,54 a	4,81 a	-	21,2 a	4,31 a	16,75 a	28,75 a	11,65 a	44,15 a	99,82 a	44,75 a
10-20	5,42 b	4,16 b	-	17,25 b	1,91 b	6,9 b	23,62 b	8,92 b	34,32 b	91,47 b	37,95 b

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

Os valores de pH em água e em CaCl₂ do solo aumentaram de forma linear, quando adicionou as doses de pó de basalto (Figura 2), o que demonstra efeito alcalinizante do pó de basalto. Apesar do aumento linear, os valores de pH em CaCl₂ passaram de 4,67 para 4,85, na ausência e na maior dose do pó de basalto (16 Mg ha⁻¹) (Figura 1C). Já para pH em água, o valor passou de 5,42 para 5,57, com aumento de 0,18 (Figura 1B), o que demonstra a baixa reatividade do pó de basalto, na correção do solo.

Lopes et al. (2013) afirmaram que quando o pó de basalto foi incubado ocorreu liberação de cátions alcalinizantes. Gotz (2016) observou que o pH em H₂O e CaCl₂ não aumentou de forma significativa à medida que as doses de basalto aumentaram. Esses resultados repetiram o que Nichele (2006) havia observado em seu trabalho em que as doses de basalto não modificaram os teores de pH por conta do efeito tampão do solo. Theodoro (2003) apresentou que para lavouras de café, os manejos conservacionistas proporcionaram um aumento do pH e maior reação de complexação de alumínio.

O teor de fósforo ajustou-se a função quadrática com o máximo teor (14,97 mg dm⁻³), sendo estimado com a aplicação de 10,73 Mg ha⁻¹ de basalto sem a adição do bioativo. Quando associado ao bioativo, o máximo teor de fósforo foi de 11,77 mg dm⁻³, sendo estimado com a aplicação de 6,389 Mg ha⁻¹ de basalto (Figura 1A).

Percebe-se que com a adoção do bioativo a dose do pó de basalto para atingir o máximo teor foi menor do que sem a adoção. Já em relação aos teores de fósforo, a diferença dos pontos de máxima foi de 1 mg_e.dm⁻³, o que mostra uma eficiência na disponibilização de P para solução do solo maior com a adoção do bioativo.

Conceição (2013) observou que a incorporação de rochas moídas em compostos orgânicos é uma opção para a solubilização de alguns minerais por conta do contato direto com a intensa atividade microbiana. Esse autor também percebeu que os tratamentos de fosfato com composto orgânico + inoculante de estipes de microrganismos aumentou a disponibilidade de P no solo e reduziu a produção de matéria seca no milho, porém os ganhos não foram expressivos.

Fernandes (2010) afirmou que o P energético melhora a aceleração do processo de decomposição e mineralização de palhadas, estabelece um equilíbrio dos microrganismos do solo além de mineralizar e solubilizar o fósforo imobilizado no solo resultando na necessidade de uma menor dose de fertilizante.

Para efeito isolado de bioativo (Tabela 1), observa-se os maiores valores (pH, CTC, Ca, Mg, SB e v%) nos tratamentos que não receberam bioativo. O processo de acidificação do solo, com o uso do bioativo, possivelmente ocorreu pela hidrólise do bioativo e pela decomposição da matéria orgânica. Segundo Balzbionergetic (2012), o aumento na atividade microbiana no solo, proporcionada pela adição do bioativo, favorece o aumento no teor de CO₂, acidificando o meio.

De acordo com Carmo (2001), a diminuição dos valores de pH na solução do solo deve-se a liberação de amônio (N-NH₄) durante o processo de mineralização no solo, podendo indicar uma maior liberação de H⁺ para o meio promovendo acidificação.

Isso pode ser confirmado com a análise dos dados de acidez potencial e os teores de nutrientes em relação as profundidades e o bioativo na qual mostraram um aumento da acidez nos tratamentos com o bioativo (Tabela 1). Apesar das diferenças estatísticas entre os tratamentos sem e com bioativo, os valores estão na faixa considerada adequada para o crescimento e desenvolvimento das culturas anuais (Sousa e Lobato, 2004).

Os valores de soma de bases, magnésio e cálcio foram considerados, sem a adição do bioativo, adequados para a cultura. Já para saturação por bases, os tratamentos sem o bioativo obtiveram valores médios. Percebe-se um comportamento semelhante dessas variáveis para profundidade. A soma de bases apresentou uma relação direta com a CTC total.

Apesar dos valores serem altos, esses não expressaram em ganhos de produtividade. Isso pode ter ocorrido por conta desses minerais estarem complexados e terem uma liberação lenta para a planta (Alovisi et al., 2017). No entanto, esse fato pode possibilitar uma melhora na construção da fertilidade do solo. Theodoro et al. (2009) relata que a adição das rochas maximiza a ação dos microrganismos do solo na formação de ácidos húmicos.

Essa mineralização dos elementos pode estar ligada aos valores médios de matéria orgânica encontrados no solo. O valor de fósforo apresentou teor alto, o que pode estar ligado ao extrator Melich utilizado na análise na qual é eficiente para a predição de P^+ no solo, no entanto, em solos fertilizados com fosfatos naturais, o fósforo pode ser superestimado (Resende et al., 2006), o que foi percebido também por Escosteguy e Klamt (1998).

A alta disponibilidade de fósforo resultante da ação do pó de basalto pode disponibilizar o ânion silicato que ocupa o mesmo sítio de adsorção do fosfato. Isso ocorre por conta da adoção das práticas de rotação de culturas, plantio direto e ação da matéria orgânica sobre a aplicação do pó de basalto durante três anos. (Sandim et al., 2014; Harold e Tabatabai, 2006).

Com relação a profundidade, observa-se os maiores valores dos atributos químicos na camada de 0-10 cm (Tabela 2), que pode ser explicado pela forma de adição do pó de basalto, que foi distribuído a lanço na superfície do solo e incorporado com uma gradagem, não procedendo uma incorporação mais profunda.

4.1.2 Atributos químicos do solo – pó de serpentinito

Houve efeito isolado de pH em água e $CaCl_2$ e acidez potencial (Figura 3). Os valores de pH tiveram um aumento linear crescente na qual esse em água obteve a maior variação. O que demonstra que os tratamentos tiveram efeito na subsuperfície de forma que acidez nas profundidades avaliadas foi menor, quando comparado com o pó de basalto (Figura 3B e 3C).

A acidez potencial reduziu de forma linear decrescente à medida que foi aumentando as doses de pó de serpentinito (Figura 3A). Essa mesma tendência foi observada para o nutriente cobre na qual teve como menor valor de $8,23 \text{ mg.dm}^{-3}$ e maior

valor de $8,44 \text{ mg.dm}^{-3}$ (Figura 4A). Essa tendência é percebida por conta das características químicas das rochas ultrabásicas encontradas no pó de serpentinito (Chesterman et al., 1996).

Com o aumento do pH conforme as doses aplicadas no solo, a disponibilidade do micronutriente o cobre diminuiu. Isso pode estar ligado a complexação desse mineral a matéria orgânica do solo (Silva, 2012) e aumento da alcalinidade do solo.

Essa relação entre a composição das rochas origem com os teores de nutrientes no solo pode ser percebido também no teor de magnésio e saturação por bases na qual aumentaram conforme as doses aplicadas (Figura 4C).

Os valores dos nutrientes analisados no solo nos tratamentos com pó de basalto não obtiveram tantas diferenças, exceto o fósforo, porém, em pó de serpentinito, esses apresentaram uma relação de aumento crescente, o que refletiu nos componentes de produção.

Os valores de CTC total tanto para bioativo quanto para as profundidades foi considerado muito bom, assim como o teor de matéria orgânica com valores altos (Tabela 2). Exceto os nutrientes apresentaram teores baixos (Cobre e fósforo) e muito baixo (ferro e potássio) (Souza e Lobato, 2004).

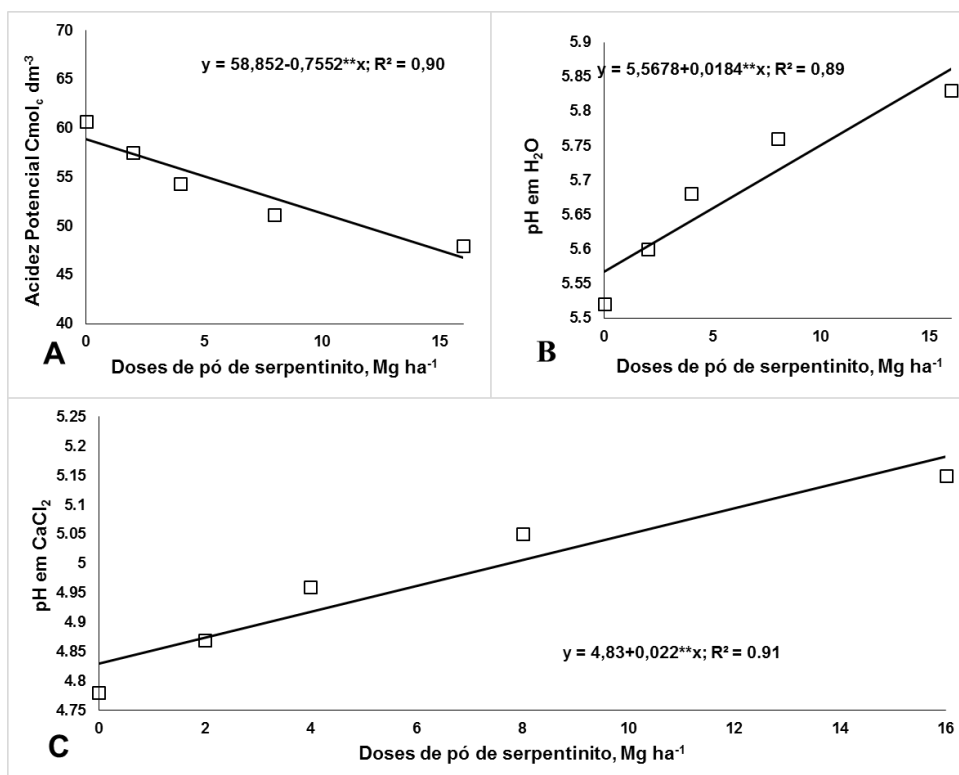


Figura 3. Atributos químicos do solo: pH em CaCl₂ (C), acidez potencial (A), pH em água (B), em função de doses de serpentinito. UFGD, Dourados-MS, 2016. **: significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

TABELA 2. Efeito dos fatores bioativo e profundidade, nas variáveis pH em água e CaCl₂, CTC total, manganês, matéria orgânica, potássio, fósforo, cálcio, magnésio, soma de bases, zinco, cobre, ferro e saturação por bases. Dourados-MS, UFGD, 2016.

	pH em água	pH em CaCl ₂	Matéria Orgânica	K	P	Ca	Mg	CTC total	SB	V	Zn	Cu	Fe	Manganês
	%													
Bioativo														
sem	-	-	28,85 a	-	-	33,16 a	14,38 a	105,24 a	-	49,44 a	2,2 b	-	36,36 b	
com	-	-	26,41 b	-	-	25,48 b	12,74 b	98,08 b	-	41,90 b	2,74 a	-	38,36 a	
Profundidade														
0-10	5,78 a	5,07 a	30,44 a	4,31 a	13,60 a	30,98 a	15,78 a	102,85 a	44,15 a	44,75 a	3,14 a	8,16 b	34,61 b	125,36 a
10-20	5,58 b	4,85 b	24,82 b	1,91 b	6,39 b	27,66 b	11,34 b	98,47 b	34,32 b	37,95 b	1,81 b	8,57 a	40,20 a	96,60 b

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

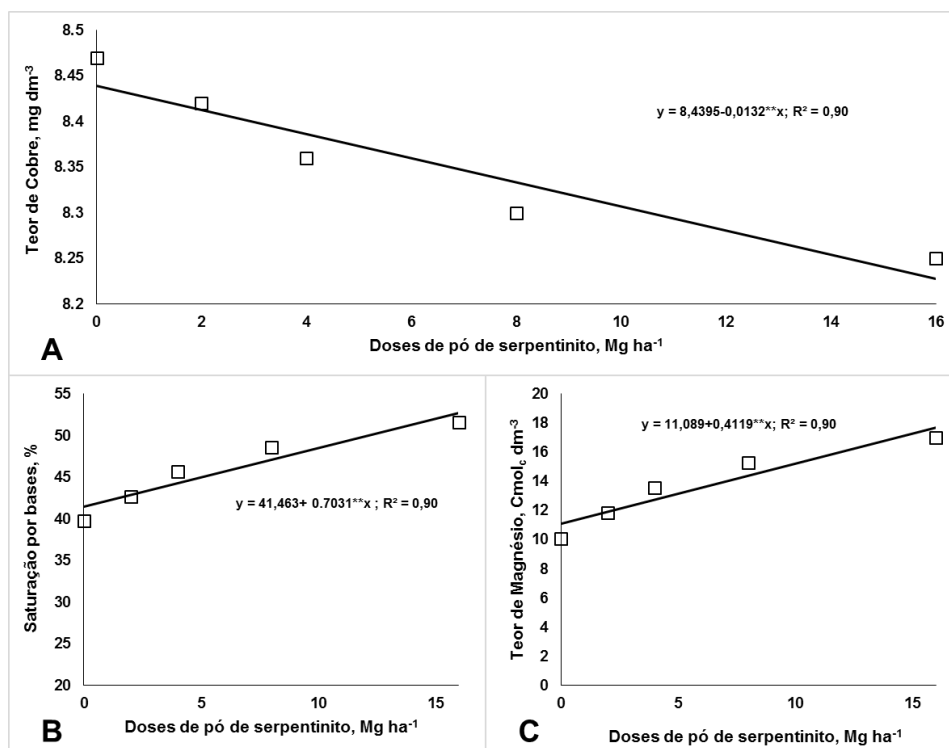


Figura 4. Atributos químicos do solo: Teor de cobre (A), Saturação por bases (B) e Teor de magnésio, em função de doses de serpentinito. UFGD, Dourados-MS, 2016. **: significativos a 1% de probabilidade pelo teste t.

4.2.1 Atributo químico foliar – pó de basalto

Não houve interação entre doses de pó de basalto, bioativo e profundidade, somente efeito isolado de doses, bioativo e profundidade (Figuras 5A, 5B e 5C e Tabela 3).

A variável nitrogênio ajustou-se a equação linear decrescente de forma que a menor dose teve o valor de 39,24 g kg⁻¹ de nitrogênio e de 37,45 g kg⁻¹ para maior dose. Apesar do decréscimo do teor de N foliar, com o aumento das doses de pó de basalto, os teores encontram-se em valores adequados para o crescimento e desenvolvimento da cultura do trigo (Bona et al., 2016). A mesma tendência foi observada para as variáveis fósforo e potássio na qual obtiveram os valores de 2,24 g kg⁻¹ de fósforo para a menor dose e de 2,40 g kg⁻¹ para a maior dose; de 19,38 g kg⁻¹ de potássio para a menor dose e de 20,84 g kg⁻¹ para a maior.

Após o nitrogênio, o potássio é o elemento que está em maior concentração no tecido vegetativo do trigo (Figura 5C). Isso evidencia a alta demanda de K pela cultura,

visto que, o elemento atua na osmorregulação e resistência da planta à seca, além de atuar no enchimento de grãos e qualidade final do produto (Barker e Pilbeam 2015).

Apesar do decréscimo no teor de K, com o aumento das doses de pó de basalto, os valores encontrados situam-se na faixa adequada. Já para o fósforo, o teor encontrado está abaixo da faixa considerada adequada. Os decréscimos nos teores de N, P e K com o aumento das doses de pó de basalto, pode ser atribuído ao efeito diluição desses nutrientes na planta. Este efeito é caracterizado quando a taxa de crescimento relativo de matéria seca é superior à taxa de absorção relativa do nutriente.

Para a variável cálcio não teve diferença significativa, obtendo-se média de 3,98 mg kg⁻¹, assim como para a variável magnésio, com média de 1,995 mg kg⁻¹ e para o zinco a média obtida foi de 26,115 mg kg⁻¹ (Figura 3). Valores estes considerados adequados para o crescimento e desenvolvimento da cultura do trigo (Bona et al., 2016).

Já para os micronutrientes cobre, manganês e ferro houve efeito somente para o fator bioativo (Tabela 3). Observa-se o maior teor de ferro nas plantas onde não houve adição de bioativo. O inverso aconteceu para as variáveis Cu e Mn, com os maiores teores foliares nos tratamentos que receberam bioativo. Apesar da diferença entre a adição ou não do bioativo, os teores se encontram na faixa média e alta (Souza e Lobato, 2004).

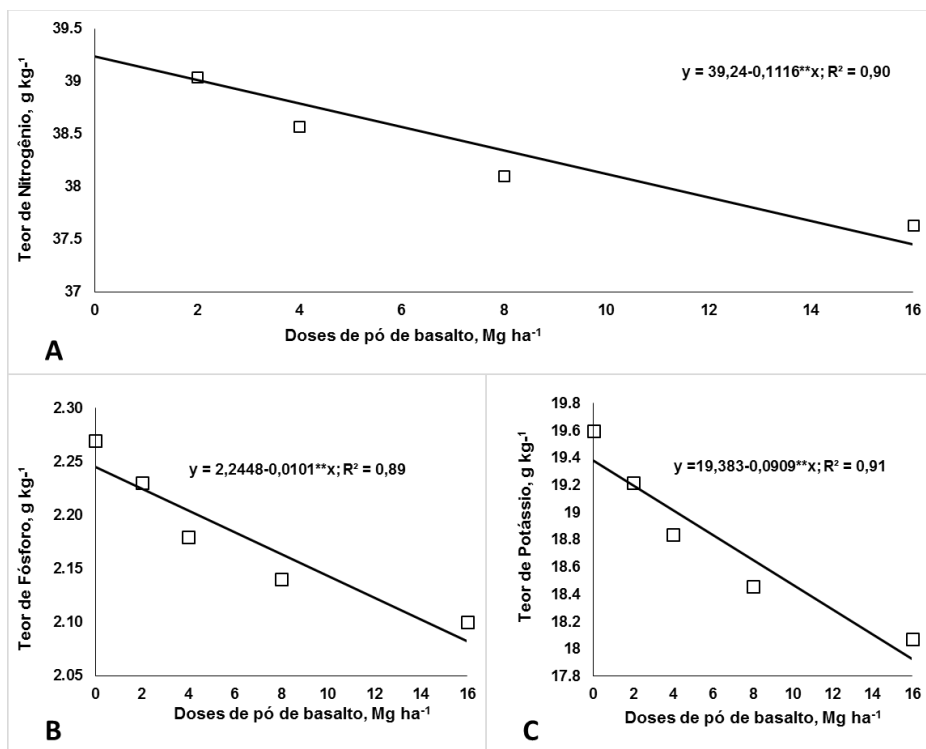


Figura 5. Atributos químicos foliares: Teor de nitrogênio (**A**), Teor de fósforo (**B**) e Teor de potássio (**C**). UFGD, Dourados-MS, UFGD, 2016. **: significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

TABELA 3. Teor foliar de cobre, manganês e ferro, em função da adição ou não de bioativo. Dourados-MS, UFGD, 2016.

Bioativo	Cobre	Manganês	Ferro
----- mg kg ⁻¹ -----			
Com	10,57 a	141,89 a	264,51 b
Sem	10,29 b	124,06 b	331,79 a

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

4.2.2 Atributo químico foliar – pó de serpentinito

As variáveis fósforo e potássio se ajustaram a equação linear decrescente de forma que a menor dose teve um valor de 2,45 g kg⁻¹ de fósforo e de 2,39 g kg⁻¹ para a maior dose, e para potássio foi de 18,37 g kg⁻¹ da menor dose e da maior foi de 16,57 g kg⁻¹ (Figuras 6A e 6C). Diferentemente do variável magnésio, que se ajustou a equação linear crescente, na qual obteve um valor mínimo de 2,04 g kg⁻¹ na menor dose e teor máximo de 2,33 g kg⁻¹ na maior dose de pó de serpentinito (Figura 6B). O aumento nos teores de magnésio se deve a composição do material, que é rico em magnésio.

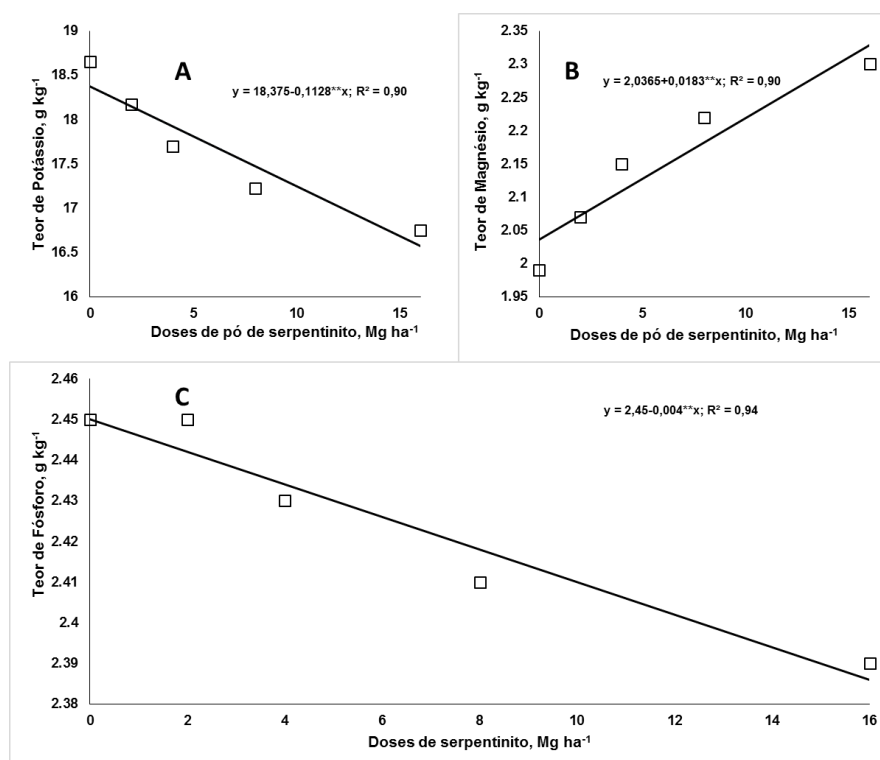


Figura 6. Atributos químicos foliares: Teor de Potássio (A), Teor de Magnésio (B) e Teor de fósforo (C). UFGD, Dourados-MS, UFGD, 2016. **: significativos a 1% de probabilidade pelo teste t.

TABELA 4. Teor foliar de potássio, cálcio e ferro, em função da adição ou não de bioativo. Dourados-MS, UFGD, 2016.

Bioativo	Potássio	Cálcio	Ferro
	----- g kg ⁻¹ -----		-----mg kg ⁻¹ -----
Com	17,3 b	4,59 a	232,44 b
Sem	18,1 a	4,01 b	253,94 a

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

Já para ferro e potássio os tratamentos sem o bioativo apresentaram maiores resultados, o que não se repetiu com o cálcio na qual teve resultados maiores com o bioativo. O nitrogênio, o cobre e o zinco não apresentaram diferença entre os tratamentos obtendo-se médias de 40,44 g kg⁻¹, 10,88 g kg⁻¹ e 25,96 g kg⁻¹, respectivamente. Teores esses considerados adequados (Bona et al., 2016).

4.3.1 Componentes de produtividade – pó de basalto

O modelo quadrático foi o que melhor se ajustou aos dados para doses de pó de basalto e número de perfilhos e número de espigas (Figuras 7A e 7B). Para número de perfilhos, observa-se ponto de mínima na dose 8,5 Mg ha⁻¹ de pó de basalto, associado a bioativo, com o número estimada de 282 perfilhos por m². Já sem o bioativo, o ponto de máxima foi de 5,7 Mg ha⁻¹, com 384 perfilhos por m² (Figura 7A). Para número de espigas, observa-se o ponto de mínima, na dose de 9,04 Mg ha⁻¹ de pó de basalto, associado a bioativo, com 269 espigas por m², e como ponto de máxima, 6,3 Mg ha⁻¹, com 362 espigas por m². Esses resultados demonstram que as plantas cultivadas, sem a adição do bioativo, conseguiram desenvolver maior número de perfilhos e consequentemente, maior número de espigas.

Esse comportamento foi percebido por Kampf et al. (2009) em que os elementos são liberados na solução do solo, mas nem toda a proporção estequiométrica inicial irá ficar disponível para a planta sendo que uma parte irá precipitar e formar um novo mineral. Com isso, a produtividade e os atributos de produção serão menores.

Embora tenha aumentado o número de perfilhos e espigas, nos tratamentos que não receberam bioativo, as variáveis peso de perfilhos, peso de espigas e produtividade

não apresentaram significância entre os tratamentos, obtendo-se médias de 0,294 kg e 0,222 kg por m², respectivamente para peso de perfilhos e peso de espigas e de 2173 kg de ha⁻¹ de produtividade, ou seja, a utilização do bioativo contribuiu para um maior peso das espigas (Figura 7).

Ferreira et al. (2009) observou um resultado parecido para os componentes de produção e produtividade do feijão comum num Cambissolo Húmico e Hanisch et al. (2013) obteve resultados parecidos após três anos aplicando pó de basalto em sistema de plantio direto. Para a cultura do feijão num Nitossolo Háplico não apresentou diferenças para número de vagens por planta e número de grãos por vagem por conta da fertilidade natural do solo. (Almeida et al., 2004).

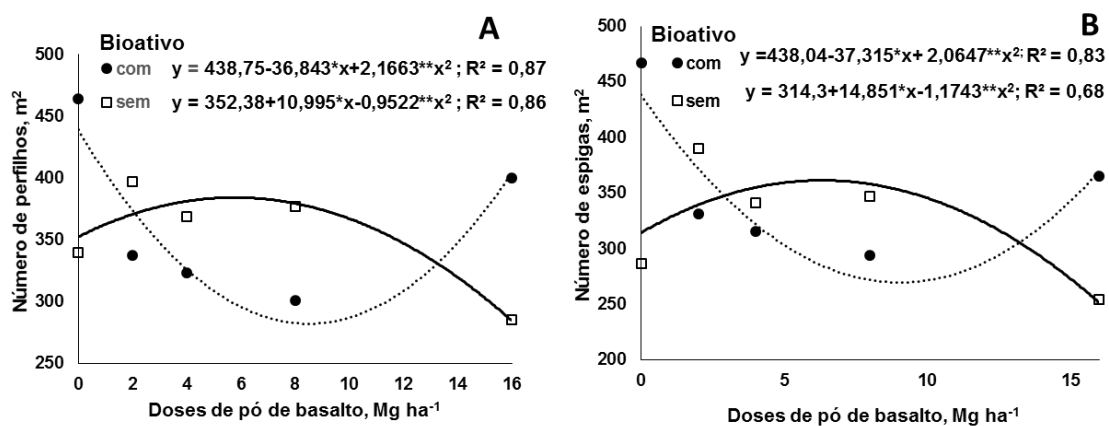


Figura 7. Componentes de produtividade: Número de perfilhos e número de espigas em função de doses de basalto. UFGD, Dourados-MS, 2016. * e ** são, respectivamente significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t.

Segundo Fioreze e Rodrigues (2012), a participação de perfilhos na produção total de grãos em plantas de trigo está mais associada à quantidade de perfilhos férteis produzidos, em comparação com o número total de perfilhos emitidos. Este comportamento está associado à eficiência na partição de fotoassimilados pelas plantas, em função do número de perfilhos emitidos.

Gotz (2016) encontrou resultados semelhantes para número de espigas em que os tratamentos com o bioativo obtiveram menor desempenho em relação aos outros tratamentos.

4.3.2 Componentes de produtividade – pó de serpentinito

Observa-se aumento linear do número de perfilhos, com o aumento das doses de pó de serpentinito. Segundo Fioreze e Rodrigues (2012), a emissão de perfilhos é uma característica que apresenta elevada variabilidade para a cultura do trigo, onde mesmo cultivares agrupados pela capacidade de emissão de perfilhos respondem de maneira diferente entre genótipo e ambiente.

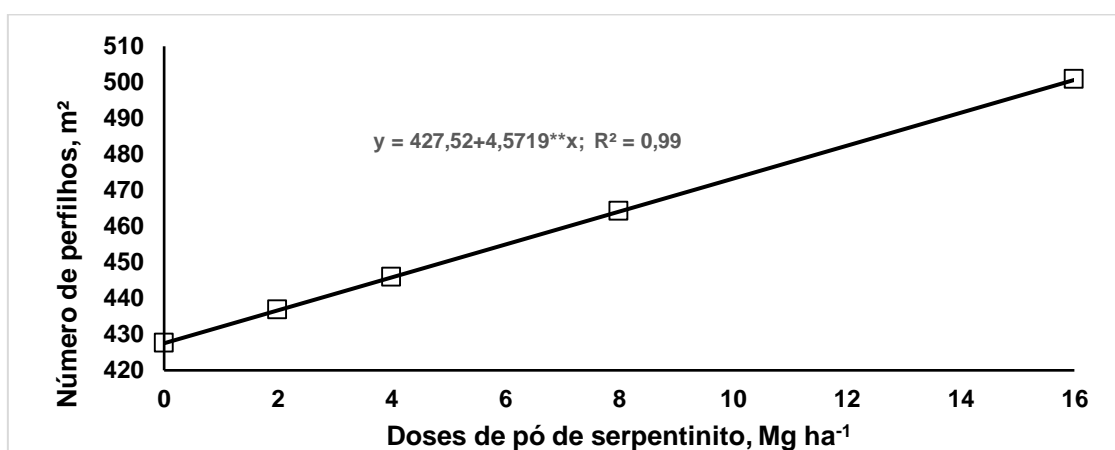


Figura 8. Número de perfilhos em função de doses de serpentinito. UFGD, Dourados-MS, 2016. **: significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

As variáveis número de perfilhos e número de espigas apresentaram diferença significativa para o fator bioativo. Observa-se o maior número de perfilhos, com o uso do bioativo, e o maior número de espiga, sem o uso do bioativo (Tabela 5). Apesar da diferença entre o uso ou não do bioativo para as variáveis, a produtividade não variou, obtendo-se como média 3312,1 kg ha⁻¹.

A plasticidade no comportamento produtivo do trigo pode ser observada, portanto, no presente trabalho, onde as plantas se emitiram menos perfilhos, alteraram o número de espigas por planta ou mesmo a relação entre os componentes individuais de espigas, como número e massa de grãos, os quais variaram em maior ou menor intensidade e foram responsáveis pela manutenção do potencial produtivo.

TABELA 5. Número de perfilhos e número de espigas, em função da adição ou não de bioativo. Dourados-MS, UFGD, 2016.

Bioativo	Perfilhos	Espigas
	----- n.º m ⁻² -----	-----kg.m ⁻² -----
Com	472,42 a	0,316 b
Sem	437,50 b	0,360 a

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

4 Conclusão

Para atributos químicos do solo, todos apresentaram teores adequados e crescentes para a cultura estudada, à medida que as doses aumentaram, exceto para pH, acidez potencial e o elemento cobre.

Em relação as análises foliares, todos os nutrientes tiveram comportamento inverso, porém adequado para cultura. Os teores adequados ou altos dos nutrientes no solo e foliar não interferiram na produtividade.

Percebe-se que o regime irregular de chuvas contribuiu com mais ênfase na baixa produtividade. No entanto, os tratamentos com o serpentinito apresentaram resultados melhores em todos os atributos quando comparado com o pó de basalto.

A pesar do bioativo ter aumentado alguns atributos de produção, a produtividade não apresentou diferença para esse fator. Observou-se que o bioativo promoveu uma leve acidificação do solo, o que está ligado a mineralização dos ácidos húmicos no solo.

5. Referências Bibliográficas

ALMEIDA, E.; SILVA, F.J.P.; RALISCH, R. Revitalização dos solos em processos de transição agroecológica no Sul do Brasil. **Agriculturas**, Rio de Janeiro, v.4, n.1, p. 7-10, 2004.

ALOVISI, A.M.T.; TAQUES, M.M.; ALOVISI, A.A.; TOKURA, L.K.; DA SILVA, R.S.; PIESANTI, G.H.L.M. **Alterações nos atributos químicos do solo com aplicação de pó de basalto**. Edição Especial: II Seminário de Energia na Agricultura, Acta Iguazu, v.6, n.5, p. 69-79, 2017.

BARKER, A. V.; PILBEAM, D. J. Handbook of plant nutrition. 2nd ed. Boca Raton, USA: CRC Press, 2015. 774 p.

BONA, F.D.; MORI, C.; WIETHOLTER, S.; Manejo nutricional da Cultura do Trigo. 2016. Disponível em: [http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/47520FE3CAA3AEF183257FE70048CC16/\\$FILE/Page1-16-154.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/47520FE3CAA3AEF183257FE70048CC16/$FILE/Page1-16-154.pdf)> Acesso em 12 de fevereiro de 2018.

CHESTERMAN, C. National audubon society field guide to north american rocks and minerals. 15a ed. Nova Iorque, Estados Unidos da América: Chanticleer Press Edition, 1996.

CONCEIÇÃO, O.P. da; RESENDE, A.V. de. **Processos visando aumentar a solubilização de rochas portadoras de nutrientes**. Anais do Seminário de Iniciação Científica. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/86038/1/Processos-visando.pdf>. Acesso em 21 de fevereiro de 2018.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v. 11 Safra 2015/16 - Décimo Primeiro levantamento, Brasília, 2016, 176p.

CUBILLA, M.M. **Siembra Directa**: principal aliado para la conservación de suelos. ABC color – Suplemento Rural. 2014. Disponível em: <http://abc.com.py/suplementos/rural>>. Acesso em: 18 de março de 2017.

DA LUZ, R.A. **Rochagem como fonte de silício para a cultura do milho**. 2016. 31 p. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados – Dourados, MS.

DA SILVA, A. **Efeito da aplicação de pó de basalto nas propriedades químicas do solo, na nutrição e produtividade do feijoeiro e na absorção de nutrientes por *Eucalyptos benthamii***. 2007. 69p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade do Estado de Santa Catarina. 2007.

DA SILVA, A.; ALMEIDA, J.A.; SCHMITT, C.; AMARANTE, C.V.T. Fertilidade do solo e desenvolvimento de feijão comum em adubação com pó de basalto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, p.548-554, out-dez, 2012.

DE BONA, F.D.; DE MORI, C.; WIETHOLTER, S. **Manejo Nutricional da cultura do trigo**. Informações Agronômicas, n. 154, jun. 2016.

DE LIMA, C.C.; GOMES, T.C. de A. Concentração de Nutrientes em compostos orgânicos influenciado pela adição de pós de rochas silicatados. **Revista Científica do IFAL**, v.1, n.3. Jul/dez, 2011.

DUARTE, W.M.; MAFRA, A.L.; FORESTI, M.M.; PICCOLA, C.D.; DE ALMEIDA, J.A. **Potencial de olivina melilito, granito e sienito na disponibilização de potássio em solos**. Revista de Ciências Agroveterinárias.Lages, v.12, n. 1, p. 68-77, 2013.

ERHART, J. Efeito do pó de basalto nas propriedades químicas do solo e nutrição da videira (Cabernet sauvignon). Dissertação de mestrado. Centro de Ciências Agroveterinárias – UDESC. 71p. 2009.

ESCOSTEGUY, P.A.; KLAMT, E. Basalto moído como fonte de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 22, n. 1, p.11-20. 1998.

FERNANDES, A.L.T.; TEIXEIRA, A.N.; SANTIAGO, R.; SILVA, R.O. **Disponibilidade de potássio e fósforo em solos de cerrado com a utilização do P energetic** – 5 safras. Anais do Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. Serra Negra, SP, 2014.

FERREIRA, D.F. SISVAR. Sistema para análise de variância. Lavras: UFL/DEX, 2000, CD-ROM.

FERREIRA, E.R.N.C.; ALMEIDA, J.A.; MAFRA, A.L. Pó de basalto, desenvolvimento e nutrição do feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) e propriedades químicas de um Cambissolo Húmico. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.8, n.2, p.111-121, 2009

FIGUEIREDO, S. L.; RODRIGUES, J. D. Perfilamento do trigo em função da aplicação de regulador vegetal. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Recife, v. 7, p. 750-755, 2012.

FONSECA, J.A.; HANISCH, A.L.; JUNIOR, A.A.B.; SPAGNOLLO, E. Atributos Químicos de um Latossolo Distrófico típico afetado pela aplicação de pó de basalto. XXXIII Congresso Brasileiro de Ciências do Solo. Uberlândia – MG. **Anais eletrônicos**. Acesso em 08 de março de 2017.

GOTZ, L.F. **Uso de remineralizador e esterco bovino em solo cultivado com trigo**. 2017. 28 p Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Fronteira Sul - Erechim, RS.

HANISCH, A.L.; DA FONSECA, J.A.; VOGT, G.A.; JUNIOR, A.A.B.; SPAGNOLLO, E. **Desempenho da Cultura do Milho em diferentes doses de pó de basalto, com e sem fertilização.** In: Reunião técnica Catarinense de Milho e Feijão, Chapecó. Resumo Expandido. Chapecó: Empagri, p.4, Seção Milho. CD-ROM. 2012

HANISCH, A. L. et al. Efeito de pó de basalto no solo e em culturas anuais durante quatro safras, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 3, p. 100-107, 2013.

HAROLD, S.A., TABATABAI, M.A. **Release of inorganic phosphorus from soils by low-molecular weight organic acids.** Communications on Soil Science and Plant Analysis, v.37, n.9, p.1233-1245, 2006.

KÄMPF, N; CURI, N; MARQUES, J. J. Intemperismo e ocorrência de minerais no ambiente do solo. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. (Ed.). Química e mineralogia do solo, v. 1. Viçosa: SBCS, 2009. Cap. 5, p. 333-379

LOPES, O.M.M.; COSTA, L.G.; LOPES-ASSAD, M.L. Solubilização de pó de basalto por meio de vinhaça: variação de pH e nutrientes disponíveis. **Engenharia Ambiental**, v. 10, n.2, p.175-188, mar/abr.2013

LUCHESE, E.B.; BORTOTTI, F; LENZI, E. Fundamentos da química do solo. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2001.182 p.

NICHELE, E.R. **Utilização de minerais no desenvolvimento de plantas e na mitigação de odores em criações animais confinados.** 2006. 97 p Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – UDESC – Lages, SC.

RESENDE. A.V.; MACGADO, C.T.T.; MARTINS, E.S.; NASCIMENTO, M.T.; SENA, M.C.; SILVA, L.C.R.; LINHARES, L.W. **Rochas moídas como fontes de potássio para o milho em solo de Cerrado.** Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 162. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2006, 20 p.

REYNOLDS, O.L.; KEEPING, M.G.; MEYER, J.H. **Silicon augmented resistance of plants to herbivorous insects: a review.** Annals of Applied Biology, v. 155, p. 171-186, 2009.

RIBEIRO, L.S. et al. **Rochas silicáticas portadoras de potássio como nutriente para as plantas.** Revista Brasileira de Ciências do Solo, Viçosa, v. 34, p. 891-897, 2010.

SANDIM, A.S. BÜLL, L.T. FURIM, A.R. LIMA, G.S. GARCIA, J.L.N. Phosphorus availability in oxidic soils treated with lime and silicate applications. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 4, p. 1215-1222. 2014.

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

SILVA, D.R.G. **Caracterização e avaliação agronômica de rochas silicatadas com potencial de uso como fontes alternativas de nutrientes e corretivos da acidez do solo.** 2012. 173 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de Brasília – Brasília, DF

SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** 2ª ed. Brasília, Embrapa Informações Tecnológicas, 627 p. 2009.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação.** 2.ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 414 p., 2004.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; WOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais.** 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

THEODORO, V.C.A.; ALVARENGA, M.I.N.; GUIMARÃES, R.J.; SOUZA, C.A.S. Alterações Químicas em Solos Submetidos a diferentes formas de manejo do cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.27, p.1039-1047, 2003.

THEODORO, S. *et al.* **Mecanismos para disponibilização de nutrientes minerais a partir de processos biológicos.** Anais do I Congresso Brasileiro de Rochagem, Capítulo 19, Embrapa, 2009.