

ARTIGO ORIGINAL

Potencialidades de uso do remineralizador de solo na cultura do milho verde

Potential uses of soil remineralizer in green corn crop

João Batista Pereira Lemes¹, Heitor Silva Lemes¹, Roberto Bispo dos Santos Neto¹, Nielson Machado dos Santos¹, Yuri Caires Ramos^{1*}

¹ Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Rua Rui Barbosa, 710, Centro, Campus Universitário, CEP: 44380-000, Cruz das Almas, Bahia, Brasil, e-mail: cairesramos@ufrb.edu.br

Recebido: 17 setembro 2023;

Aceito: 23 setembro 2023;

Publicado: 25 setembro 2023.

Como citar:

LEMES, J. B. P.; LEMES, H. S.; SANTOS NETO, R. B. dos; SANTOS, N. M. dos; RAMOS, Y. C. Potencialidades de uso do remineralizador de solo na cultura do milho verde.

Boletim Científico

Agrônomo do CCAAB/UFRB, v. 1, e2261, 2023. Disponível em: DOI:

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17014607>.

Resumo: A utilização sustentável de insumos e a busca por fontes alternativas de nutrientes para plantas têm promovido a adoção de remineralizadores de solo em sistemas agrícolas. O objetivo da pesquisa foi avaliar o efeito do remineralizador na produtividade de *milho verde*, no Recôncavo da Bahia. A pesquisa consistiu em quatro tratamentos: T1 - convencional, T2 - convencional reduzida + remineralizador, T3- orgânica e T4 orgânica + remineralizador, dispostos em um delineamento de blocos casualizados com sete repetições. As variáveis analisadas incluíram: altura das plantas, diâmetro do colmo, rendimento de espigas empalhadas e despalhadas, comprimento e diâmetro das espigas despalhadas, bem como o rendimento de espigas comerciais. A adição do remineralizador à adubação orgânica resultou em um aumento no rendimento de espigas comerciais. Concluiu-se que os remineralizadores de solo podem fornecer parcialmente fontes de nutrientes solúveis, otimizando, assim a transição para práticas agrícolas mais sustentáveis.

Palavras-chaves: Pó de rocha. Adubação alternativa. *Zea mays*

Abstract: The sustainable use of inputs and the search for alternative sources of nutrients for plants have promoted the adoption of soil remineralizers in agricultural systems. The objective of this research was to evaluate the effect of the remineralizer on the yield of green maize in the Recôncavo of Bahia. The research consisted of four treatments: T1 - conventional, T2 - conventional reduced + remineralizer, T3 - organic and T4 organic + remineralizer, arranged in a randomized block design with seven replications. The variables analyzed included: plant height, stem diameter, yield of stuffed and scattered ears, length and diameter of scattered ears, as well as the yield of commercial ears. The addition of the remineralizer to the organic fertilization resulted in an increase in the yield of commercial ears. It was concluded that soil remineralizers can partially provide sources of soluble nutrients, thus optimizing the transition to more sustainable agricultural practices.

Keywords: Rock dust. Alternative fertilization. *Zea mays*

1. Introdução

A crescente demanda por alimentos suscita reflexões sobre qual modelo de agricultura será capaz de garantir a segurança alimentar e nutricional global de maneira sustentável. Isso exige adoção de princípios agrônômicos que incorporem o manejo responsável dos recursos naturais e a biodiversidade nos sistemas de produção, reduzindo a dependência de insumos externos. Esta abordagem deve ser fortemente fundamentada em multidisciplinaridade, representando a terceira e última fase da evolução da agricultura moderna. (Pillon, 2016; Yamada e Abdalla, 2004).

Atender a essa demanda requer uma compreensão profunda da evolução da agricultura, desde práticas simples, como a queima de resíduos para a liberação de nutrientes, até compreensão das intrincadas interações do sistema solo-água-planta-atmosfera-organismo, sob uma perspectiva sistêmica e utilizando recursos locais (Pillon, 2016).

Entre as fontes alternativas de fertilizantes mais reconhecidas, destacam-se a adubação orgânica, que incorpora resíduos vegetais e animais, compostagem de resíduos sólidos, lodo de esgoto e adubação verde. Notavelmente, o esterco de galinha é reconhecido por sua riqueza em macronutrientes e micronutrientes (Dadalto e Fullin, 2001; Borges *et al.*, 2009).

ARTIGO ORIGINAL

Além disso, os remineralizadores de solo têm emergido como opção viável para substituir e complementar aos fertilizantes altamente solúveis, com vantagens notáveis do ponto de vista ambiental e econômico (Novais, 1999; Souza *et al.*, 2013). Remineralizadores de solo, é todo material de origem mineral, que tenha sofrido apenas redução e classificação de tamanho por processos mecânicos e altere os índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas, promovendo a melhoria das propriedades físicas, físico-químicas ou da atividade biológica do solo (Brasil, 2013).

Almeida Junior *et al.* (2020) ao avaliarem o pó de rocha “basalto gabro” na cultura do milho no sudoeste goiano, verificaram aumentos significativas na produtividade e no peso dos grãos, sendo recomendado como alternativa á adubação química. Entretanto, é importante destacar que uma das principais limitações na utilização dos remineralizadores, como fonte de nutrientes para plantas cultivadas, reside em sua baixa solubilidade intrínseca e há necessidade de estudos para compreender o efeito residual (GRECCO *et al.*, 2013).

No Brasil, o milho é o cereal mais cultivado com uma área plantada de, aproximadamente, 21 milhões de hectares e uma produção superior a 109 milhões de toneladas na safra 2021/2022 (IBGE, 2023). A importância econômica do milho caracteriza-se pela sua pluralidade de uso, além da alimentação humana e, principalmente animal, esse cereal é responsável também pela elaboração de diversos produtos da indústria alimentícia e farmacêutica (Contini *et al.*, 2019). Nos últimos anos, a cultura do milho vem alcançando sucessivos ganhos de produtividade em função das tecnologias empregadas na semente e no manejo empregado nos diferentes sistemas de produção (Borghetti *et al.*, 2017).

No Estado da Bahia, mais especificamente no Território de Identidade do Recôncavo, o milho verde é cultivado para subsistência em pequenas áreas e com baixa produtividade. No entanto, mesmo apresentando alto valor agregado, normalmente atingindo melhor preço que o milho grão, vem sendo uma ótima opção para pequenos produtores e informações para o cultivo de milho verde para consumo *in natura* são escassas e especialmente, recomendação de cultivares e manejo cultural (Albuquerque *et al.*, 2008). Neste sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar a potencialidade do uso de remineralizadores de solo na produtividade de milho verde no Recôncavo da Bahia.

2. Material e métodos

O experimento foi conduzido na área experimental do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB), da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas - BA, Latitude Sul 12°40'08" e Longitude Oeste 39°07'54", a uma altitude de 194,1 metros. A região possui um clima classificado como “As”, com temperatura média de 23,7°C e uma precipitação média de 1161 mm.

O solo onde foi realizado o experimento é um Latossolo Amarelo franco arenoso com pH (CaCl₂) de 5,2, soma de bases de 22,3 mmolc/dm³ e saturação de bases de 60%. Apresentou nível de fertilidade mediana, sendo P, Mg e K médios, Ca e Fe baixos, Cu muito baixo e Mn e Zn altos, com baixa matéria orgânica (MO). A caracterização edáfica foi realizada por meio da coleta de amostras de solo na profundidade de 0,0 – 20,0 cm para determinação dos atributos físico-químicos (Tabela 01).

Tabela 1. Atributos físico-químicos do Latossolo Amarelo franco arenoso na profundidade de 0,0 – 20,0 cm da área experimental do Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, antes da implantação do experimento 2019. Cruz das Almas – BA.

| pH (CaCl ₂) | P (mg/dm ³) | Ca | Mg | K | Na | H + Al ³ mmolc/dm ³ | Al ³ | C.T.C. | S.B. | V % | MO % |
|----------------------------|----------------------------|------|-----|-----|-----|--|-----------------|--------|------|--------|---------|
| 5,2 | 9,8 | 12,0 | 9,0 | 1,1 | 0,2 | 15 | 0,0 | 37,3 | 22,3 | 60 | 1,0 |

| S | Bo | Cu | Fe | Mn | Zn | Argila | Silte | areia |
|-----|------|-----|------|-----|-----|--------|-------|-------|
| 8,0 | 0,42 | 0,1 | 14,0 | 9,0 | 1,6 | 155 | 115 | 730 |

2.1 Caracterização do remineralizador

O remineralizador, proveniente de rocha granulítica da região metropolitana de Salvador - BA, apresentou a fração solúvel em ácido cítrico: 0,31% de MgO, 0,36% de CaO e 0,30% de K₂O. Possui natureza física na forma de pó, com 89,12% de suas partículas passando na peneira nº 16 (1,00 mm). Seu pH foi medido em 8,01, com teores de SiO₂ de 3,1 g kg⁻¹ e Hg de 0,1 mg.kg⁻¹ (Tabela 2). O remineralizador atende a todas as

regulamentações pertinentes para remineralizadores agrícolas, incluindo definições, classificação, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem, rotulagem e publicidade (Brasil, 2013,2016).

A disponibilização de nutrientes para as plantas depende da solubilização do remineralizador, que varia de acordo com o tipo de rocha e condições edafoclimáticas (Cola e Simão, 2012).

ARTIGO ORIGINAL

Tabela 2. Porção modal de mineralogia, óxidos maiores, elementos menores, óxidos solúveis em ácido cítrico e residual do remineralizador. Cruz das Almas, BA

| Mineralogia | | Óxidos maiores | | Elementos menores | | Óxidos solúveis em Ac. Cítrico | | Residual |
|---------------|-------|--------------------------------|-------|-------------------|--------|--------------------------------|------|----------|
| Mineral | % | Óxidos | % | Elementos | ppm | Óxidos | % | |
| Ulvoespinélio | 0,55 | P ₂ O ₅ | 0,27 | Co | 10 | Fe ₂ O ₃ | | |
| Apatita | 0,66 | TiO ₂ | 0,87 | Nb | 15 | MgO | 0,31 | 90,67 |
| Actinolita | 1,54 | Na ₂ O | 2,66 | Sc | 18 | CaO | 0,36 | 86,52 |
| Magnetita | 1,88 | CaO | 2,67 | Y | 19 | K ₂ O | 0,30 | 92,23 |
| Muscovita | 3,28 | MgO | 3,32 | Ga | 20 | P ₂ O ₅ | <1 | |
| Clorita | 3,65 | K ₂ O | 3,86 | Ni | 22 | | | |
| Biotita | 11,53 | Fe ₂ O ₃ | 7,45 | Pb | 30 | | | |
| Quartzo | 17,39 | Al ₂ O ₃ | 14,09 | Th | 32 | | | |
| Microclíneo | 17,98 | SiO ₂ | 63,27 | Cr | 45 | | | |
| Oligoclásio | 39,47 | LOI | 1,26 | Cu | 68 | | | |
| | | | | Zn | 74 | | | |
| | | | | La | 84 | | | |
| | | | | V | 98 | | | |
| | | | | Rb | 122 | | | |
| | | | | Ce | 129 | | | |
| | | | | Sr | 309 | | | |
| | | | | Zr | 350 | | | |
| | | | | Ba | 1625 | | | |
| Outros | 2,07 | | 0,28 | | 996930 | | | |
| Total | 100,0 | | 100,0 | | - | | | |

2.2 Condução do experimento

A área designada para o experimento teve como cultura antecessora a abóbora. Após a colheita da abóbora, a área passou por um processo de aração e gradagem em 17 de setembro de 2019, seguido pela semeadura de feijão de porco (*Canavalia ensiformis*) no dia seguinte. Esse plantio teve o propósito de introduzir nitrogênio (N) no sistema por meio de adubação verde, como parte da transição para sistemas mais sustentáveis.

A aplicação do remineralizador, em toda a área experimental, ocorreu 115 dias antes da semeadura do milho. O manejo das plantas espontâneas e feijão de porco foi conduzido utilizando roçadeira costal motorizada, juntamente com adubação orgânica na forma de 12,9 t ha⁻¹ de cama de frango, aplicada localmente na linha de plantio em fevereiro de 2020, 33 dias antes da semeadura. A etapa subsequente envolveu o uso de cultivador adubador de cobertura, preparando a área para o plantio. A adubação mineral foi aplicada no dia da semeadura, seguindo os tratamentos de adubação convencional e adubação convencional + remineralizador.

O experimento consistiu em quatro tratamentos: T1 - adubação convencional recomendada (80 N - 100 P₂O₅ - 90 K₂O kg ha⁻¹) - Testemunha, baseada na análise inicial do solo e na

interpretação dos resultados de acordo com o Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná (SBCS, 2017) e Indicações Técnicas para o Cultivo de Milho e de Sorgo no Rio Grande do Sul, Safras 2017/2018 e 2018/2019 (Reunião técnica anual da pesquisa do milho, 2017); T2 (80 N - 100 P₂O₅ - 36 K₂O kg ha⁻¹ + 308,8 ou 24 kg ha⁻¹ de K₂O total ou solúvel respectivamente via remineralizador); T3 (88 N - 193 P₂O₅ - 131 K₂O kg ha⁻¹ via cama de frango) e T4 (88 N - 193 P₂O₅ - 131 K₂O kg ha⁻¹ via cama de frango + 308,8 ou 24 kg ha⁻¹ de K₂O total ou solúvel respectivamente via remineralizador). Não foram realizadas análises para caracterização química da cama de frango utilizada. As recomendações para adubação orgânica basearam-se na composição química média apresentada no Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná (SBCS, 2017) e nos índices de conversão de nutrientes aplicados na forma orgânica para a forma mineral (Furtini Neto *et al.*, 2001).

A semeadura foi realizada manualmente com um espaçamento de 0,9 m entre filas com 0,25 m entre covas com duas sementes por cova em 30/03/2020, com a variedade de milho AL Bandeirante (CATI, 2001). Aos 28 dias após a semeadura, foi realizado o desbaste para atingir uma densidade de 44.444 plantas por hectare. A escolha da variedade AL Bandeirante foi feita com o objetivo de cumprir as

ARTIGO ORIGINAL

regulamentações de produção orgânica, que valorizam a manutenção e a preservação de variedades locais, tradicionais ou crioulas (Brasil, 2011).

A adubação nitrogenada (80 kg ha^{-1} de N) na forma de ureia foi aplicada nos estádios V3 e V6 (3 e 6 folhas totalmente expandidas), e o manejo das plantas espontâneas foi realizado por meio de duas capinas manuais durante o experimento, aos 14 e aos 35 dias após a emergência (DAE).

O controle de pragas, incluindo a cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*) e Lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), foi realizado de forma alternativa, utilizando manipueira, óleo de Neem (*Azadiractina* a 0,12%) e homeopatia 6 CH (Nosódio *Spodoptera frugiperda*), conforme orientações do Caderno de Homeopatia dos Produtores Orgânicos da Região da Vertente do Capará (2009).

As variáveis analisadas incluíram o: diâmetro do colmo e altura da planta aos 54 DAE, bem como as variáveis de produção, como produtividade de espiga empalhadas e despalhadas, o comprimento e diâmetro da espiga despalhada e a produtividade de espiga comercial (comprimento acima de 15 cm e diâmetro acima de 3) no estádio R3. Cada variável foi medida e pesada em 12 plantas e/ou espigas por parcela.

O diâmetro do colmo da planta e da espiga despalhada foi determinado com o uso de um paquímetro digital; enquanto a altura da planta foi medida com o auxílio de uma régua de madeira graduada. O comprimento da espiga despalhada foi medido com auxílio de uma régua comercial de 0,30 m de comprimento. A produtividade de espigas empalhadas e despalhadas foi calculada com base no peso total de 12 espigas na parcela útil, extrapolando para a unidade de hectare. A produtividade de espiga comercial foi calculada contando o número de espigas que atendiam aos critérios de comprimento e diâmetro específicos, dentro das 12 espigas da parcela útil, com posterior pesagem e extrapolação para hectare.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com dois níveis de remineralizador (0 e 8 t ha^{-1}) e dois sistemas de adubação (orgânica e convencional), totalizando 4 tratamentos, com 7 repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% utilizando o Software SISVAR (Ferreira, 2011).

3. Resultados e discussão

Não foram observadas diferenças significativas entre as variáveis analisadas, como diâmetro do colmo da planta (DIAP) aos 54 dias após emergência, a produtividade de espiga empalhada (PEE), a produtividade da espiga despalhada (PEDES) e o diâmetro da espiga despalhada (DIAE) de *Zea mays*, no

estádio R3 aos 84 DAE, durante o primeiro ciclo de cultivo, em relação ao uso do remineralizador (Tabela 3).

Observou-se que o remineralizador demonstrou eficácia na substituição de 54 kg ha^{-1} (60%) do K_2O proveniente da fonte solúvel, com adição de $308,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O total ou 24 kg ha^{-1} de K_2O solúvel em ácido cítrico (Tabela 3). O período de 202 dias de reação com o solo foi suficiente para iniciar a solubilização e disponibilização de K_2O para a cultura, complementando a disponibilidade inicial da fonte solúvel. Esse processo resultou em economia na adubação potássica e na adição de diversos outros nutrientes no sistema, promovendo equilíbrio e melhorias no solo. Esses resultados indicam solubilização além da solubilidade em ácido cítrico, evidenciando a influência da biologia do solo neste processo (Cola e Simão, 2012).

Resultados preliminares de Silva, Azevedo e A. Filho (2013), que estudaram a ação de microrganismos em pó de basalto, demonstraram um aumento na disponibilidade de nutrientes em solução na presença desse pó de basalto. A inoculação de microrganismos parece estimular essa liberação, sugerindo uma combinação proveitosa em sistemas de produção. Crusciol e Soratto (2013), ao avaliar o efeito de remineralizadores nas culturas de arroz, feijão, milho e soja, detectaram aumento dos teores de K nas culturas e um aumento na produtividade de grãos semelhante à adubação convencional.

A adição do remineralizador à adubação orgânica não promoveu efeitos significativos nessas variáveis, e os valores encontrados podem ser atribuídos ao suprimento de nutrientes por meio da cama de frango. Os resultados encontrados demonstram que o suprimento de nutrientes no cultivo orgânico assemelha-se ao cultivo convencional (SBCS, 2017). Esse resultado era esperado para esta estratégia, pois a lei dos incrementos decrescentes sugere que não há incremento em nenhuma variável com adição de nutrientes desnecessários (Furtini Neto *et al.*, 2001).

Os nutrientes adicionados ao solo via remineralizador e não utilizados pela cultura podem ser aproveitados nos ciclos subsequentes, devido seu alto poder residual (92,23%) para o K_2O e à sua capacidade de promover melhorias nos atributos do solo. Isso pode resultar em redução de custos futuros com adubações (Novais, 1999; SBCS, 2017). No entanto, há uma tendência de aumento em todas as variáveis, sugerindo a continuidade do experimento com acompanhamento das alterações por meio de análises de solo e planta para maior precisão dos resultados e avaliação do efeito residual.

Estudos realizados com variedades comerciais e crioulas, incluindo a AL Bandeirante, em sistemas orgânicos de produção, verificaram que o diâmetro médio do colmo variou em função de fatores climáticos (Giunti *et al.*, 2016).

ARTIGO ORIGINAL

Tabela 3. Valores médios de diâmetro do colmo da planta (DIAP), produtividade de espigas empalhadas (PEE), produtividade de espigas despalhadas (PEDES) e diâmetro da espiga despalhada (DIAE) em adubação convencional e orgânica da Variedade AL Bandeirantes. Cruz das Almas BA 2020.

| Adubação | DIAP (mm)* | PEE (kg ha ⁻¹)** | PEDES (kg ha ⁻¹)** | DIAE (mm)** |
|---|------------|------------------------------|--------------------------------|-------------|
| Convencional ¹ | 19,78 a | 10607,65 a | 7586,67 a | 44,93 a |
| Convencional (- KCl) + Remineralizador ² | 18,99 a | 10134,71 a | 7191,12 a | 44,38 a |
| Orgânico ³ | 19,22 a | 10165,74 a | 7188,11 a | 45,01 a |
| Orgânico + Remineralizador ⁴ | 19,53 a | 10546,26 a | 7453,51 a | 45,42 a |
| CV (%) | 14,77 | 9,22 | 9,79 | 6,17 |
| EPM | 0,31 | 361,05 | 272,21 | 0,30 |

¹(80 N - 100 P₂O₅ - 90 K₂O); ²(80 N - 100 P₂O₅ - 36 K₂O) + 308,8 kg ha⁻¹ de K₂O via remineralizador; ³(88 N - 193 P₂O₅ - 131 K₂O kg ha⁻¹ via cama de frango) e ⁴(88 N - 193 P₂O₅ - 131 K₂O kg ha⁻¹ via cama de frango) + 308,8 kg ha⁻¹ de K₂O via remineralizador). Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * 54 DAE, ** 84 DAE

No que diz respeito a altura da planta (ALTP), aos 54 dias após a emergência, houve diferença significativa em função do remineralizador aplicado (Figura 1). A adubação orgânica + remineralizador apresentou o maior valor absoluto, não diferindo da adubação orgânica. A adubação convencional reduzida + remineralizador registrou a menor média, diferindo de todos os demais, e a adubação convencional apresentou a segunda menor média, também diferindo dos demais.

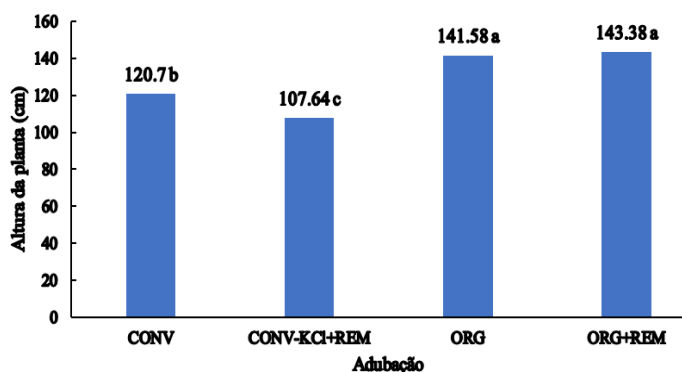


Figura 1. Médias da altura (cm) da planta de milho verde, Variedade AL-Bandeirante aos 54 Dias Após a Emergência na adubação: 1. CONV = (80 N - 100 P₂O₅ - 90 K₂O) kg ha⁻¹; 2. CONV-KCl+REM = (80 N - 100 P₂O₅ - 36 K₂O) kg ha⁻¹ + 308,8 kg ha⁻¹ de K₂O via remineralizador); ORG = (88 N - 193 P₂O₅ - 131 K₂O kg ha⁻¹ via cama de frango) e ORG+REM = (88 N - 193 P₂O₅ - 131 K₂O kg ha⁻¹ via cama de frango) + 308,8 kg ha⁻¹ de K₂O via remineralizador). Cruz das Almas, BA.

Verificou-se que o remineralizador não foi eficaz, para esta variável, na substituição de 60% do K₂O proveniente da fonte solúvel e nem promoveu um incremento significativo quando adicionado à adubação orgânica, que apresentou melhor desempenho. Os maiores valores de altura de planta observados na adubação orgânica devem ao manejo do N, uma vez que essa adubação foi realizada 33 dias antes da semeadura, suprimindo

principalmente o N (relacionado com o crescimento da planta) e nutrientes como Cu, Fe e Ca (baixos no solo) desde os estádios iniciais, promovendo a expressão do potencial desta variável medida aos 54 DAE.

Na adubação convencional, a aplicação de N foi apenas em cobertura, aos 14 e 35 DAE, o que, aliado ao baixo teor de matéria orgânica do solo, sugere uma restrição de N nos estádios iniciais de desenvolvimento e explica os baixos valores encontrados. Na ausência de N, o remineralizador não foi eficaz no fornecimento de K₂O no período avaliado (54 DAE), possivelmente contribuindo para os menores valores médios na adubação convencional. Cola e Simão (2012) destacaram que os remineralizadores utilizados têm baixa solubilidade, a principal restrição de uso, e precisam passar por processos físicos, químicos e biológicos para disponibilização de nutrientes as plantas, o que dependem das condições do solo, principalmente biológicas, explicando o resultado desta variável.

A adubação com fontes solúveis, seguindo todos os critérios da fertilidade do solo, tende a apresentar melhores resultados em comparação à adubação orgânica, que depende de diversos fatores para fornecimento de nutrientes para as plantas, como mineralização, sincronismo entre tempo de mineralização e o crescimento da cultura, índice de conversão dos nutrientes aplicados na forma orgânica para a forma mineral durante o ciclo de cultivo (Furtini Neto *et al.*, 2001; SBCS, 2017).

Na variável comprimento da espiga despalhada (COMPE), no estágio R3 aos 84 dias após a emergência, houve diferença significativa em função do remineralizador aplicado (Figura 2). A adubação convencional registrou a maior média, não diferindo da adubação convencional menos KCl mais remineralizador. Nesta variável, o remineralizador demonstrou eficácia na substituição de 60% do K₂O da fonte solúvel.

Esse resultado é atribuído à eficácia da estratégia de complementação da adubação pelo remineralizador. A demanda inicial da cultura foi atendida pela fonte solúvel,

ARTIGO ORIGINAL

enquanto que a demanda final foi auxiliada pelo início de solubilização com fornecimento de K_2O e pela promoção de melhorias no solo, principalmente de equilíbrio entre os nutrientes, como no caso de Ca e Fe baixos, Cu muito baixo e Mn e Zn altos, inicialmente no solo, além de alterações positivas no pH, soma de bases e CTC, durante o período avaliado. Theodoro *et al.*, (2013), ao avaliarem o efeito de cinco tipos de rochas nas culturas de milho, feijão alho, cenoura e quiabo em pelo menos duas safras durante dois anos, em Planaltina, DF, observaram não apenas melhorias nos parâmetros de fertilidade do solo, como pH, CTC e carbono orgânico, mas também resultados positivos na produtividade das culturas.

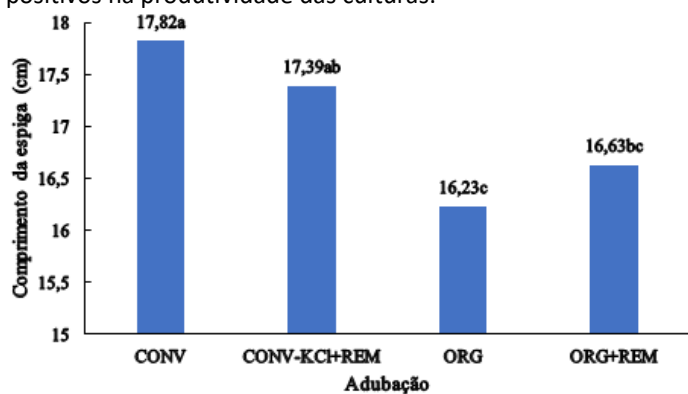


Figura 2. Comprimento médio da espiga despalhada (cm) de milho verde, Variedade AL-Bandeirante no estádio R3, aos 84 dias após a emergência na adubação: 1. CONV = (80 N - 100 P_2O_5 - 90 K_2O) $kg\ ha^{-1}$; 2. CONV-KCl+REM = (80 N - 100 P_2O_5 - 36 K_2O) $kg\ ha^{-1}$ + 308,8 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O via remineralizador); ORG = (88 N - 193 P_2O_5 - 131 K_2O $kg\ ha^{-1}$ via cama de frango) e ORG+REM = (88 N - 193 P_2O_5 - 131 K_2O $kg\ ha^{-1}$ via cama de frango) + 308,8 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O via remineralizador). Cruz das Almas, BA.

A adição do remineralizador na adubação orgânica promoveu um pequeno incremento, sugerindo continuidade dos estudos no tempo, principalmente pelo efeito residual (92,23%) para o K_2O . Estudo, avaliando efeito da silicatagem (aplicação de minerais que possuem sílica (SiO_2) como ânion) no solo e na produtividade de milho, utilizando dois pós de rocha (basalto e serpentinito) com e sem adição de bioativo não promoveu diferença nas variáveis de produção e produtividade de milho no município de Dourados MS (Alovisi *et al.*, 2020).

Quanto a variável produtividade de espiga comercial (PEC) espigas ha^{-1} , no estádio R3 aos 84 DAE, houve diferença significativa em função do remineralizador (Figura 3). A adubação convencional + remineralizador apresentou o maior valor médio, enquanto a adubação orgânica registrou o menor número de espigas por hectare.

Observou-se que, o remineralizador foi eficaz na substituição de 54 $kg\ ha^{-1}$ (60%) do K_2O proveniente da fonte solúvel com adição de 308,8 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O total. O período de 202 dias de contato com o solo foi suficiente para iniciar a solubilização, a disponibilidade de parte dos nutrientes e as melhorias do solo,

proporcionando essa resposta. O solo deste experimento apresentava, inicialmente, teores baixos de Ca e Fe, teores muito baixos de Cu e teores altos de Mn e Zn. Portanto, esse resultado vai além do simples fornecimento de K_2O , representando um reequilíbrio do sistema solo, preparando-o para cultivos futuros, com dupla vantagem econômica – maior produtividade e menor custo (Alovisi *et al.*, 2020).

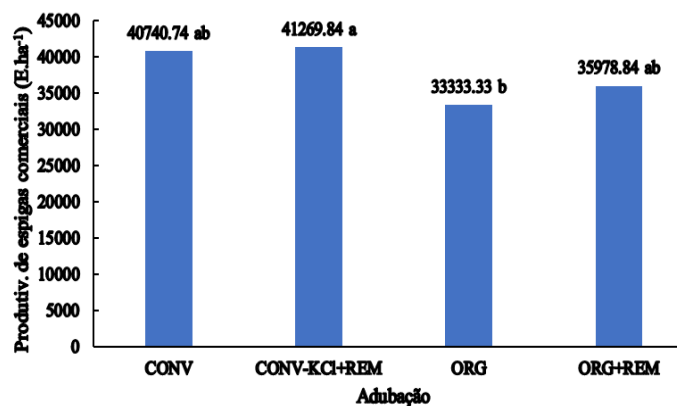


Figura 3. Produtividade de espiga comercial (espigas. ha^{-1}) de milho verde, Variedade AL-Bandeirante no estádio R3, aos 84 dias após a emergência na adubação: 1. CONV = (80 N - 100 P_2O_5 - 90 K_2O) $kg\ ha^{-1}$; 2. CONV-KCl+REM = (80 N - 100 P_2O_5 - 36 K_2O) $kg\ ha^{-1}$ + 308,8 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O via remineralizador); ORG = (88 N - 193 P_2O_5 - 131 K_2O $kg\ ha^{-1}$ via cama de frango) e ORG+REM = (88 N - 193 P_2O_5 - 131 K_2O $kg\ ha^{-1}$ via cama de frango) + 308,8 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O via remineralizador). Cruz das Almas, BA.

Estudos que avaliaram a viabilidade do uso de pó de rocha como fonte alternativa de nutrientes no estado de Tocantins, concluíram que a estratégia de substituição da fonte convencional de K_2O pelo pó de rocha resultou em produção semelhante, e a complementação (50% via KCl e 50% via remineralizador) proporcionou um aumento de 20% na produção de cana de açúcar (Souza *et al.*, 2013).

Em um experimento que avaliou o desempenho agrônomo de fontes minerais e orgânicas de nutrientes para as culturas de milho e trigo, o rejeito de granodiorito (rocha ígnea) mostrou ser uma alternativa viável para o fornecimento de potássio e outros nutrientes para a agricultura na região de Pelotas, RS, inclusive para culturas anuais (Bamberg *et al.*, 2013).

O uso do remineralizador isoladamente, não foi suficiente para demonstrar diferenças significativas entre os tratamentos. No entanto, ele foi capaz de elevar a adubação orgânica a níveis de produtividade semelhantes à testemunha, registrando sua capacidade de contribuir para a transição de sistemas convencionais para sistemas mais sustentáveis, otimizando o tempo. A combinação cama de frango com remineralizador pode ter contribuído para melhorar a biologia do solo, otimizando a solubilização e o fornecimento de nutrientes (Cola e Simão, 2012; SBCS, 2017; Silva; Azevedo e A. Filho, 2013).

ARTIGO ORIGINAL

A continuidade do estudo com mais repetições ao longo do tempo, é recomendada para aumentar a precisão dos resultados, devido à baixa solubilidade e elevada capacidade residual do remineralizador (Cola e Simão, 2012).

A fonte do remineralizador está localizado na região metropolitana de Salvador. Estando à, aproximadamente, 135 km da fonte do remineralizador, Cruz das Almas, BA, juntamente com os demais municípios do Recôncavo da Bahia, se beneficiam com os custos de frete reduzidos, proporcionando benefícios econômicos (Silva, 2017; Souza *et al.*, 2013). Considerando os preços praticados no mercado local, foi constatado uma redução de 22% no custo de aquisição do K₂O via remineralizador, em comparação com o KCl. Quando se considerado o K₂O, CaO e MgO via KCl e um calcário dolomítico, esta redução chega a 36,59%.

4. Conclusão

Com base nos resultados obtidos, é possível inferir que o uso do remineralizador proveniente de rocha granulítica representa uma estratégia promissora para a suplementação de potássio e outros nutrientes para o cultivo de *milho verde* em sistemas orgânicos. A eficácia na substituição parcial do potássio solúvel, resultando em economia de insumos, juntamente com o aumento significativo na altura das plantas quando ambos foram aplicados em conjunto, destaca o potencial do remineralizador como um recurso valioso para a agricultura orgânica. Essas constatações ressaltam a importância de aprofundar a compreensão da interação entre o remineralizador, as características do solo e as práticas de manejo, visando otimizar seu emprego em sistemas sustentáveis de produção agrícola.

5. Referências

ALBUQUERQUE, C. J. B.; VON PINHO, R. G., E SILVA, R. D. Produtividade de híbridos de milho verde experimentais e comerciais. **Biocience Journal**, v. 24, n, 2, p 69-76, 2008. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6763>. Acesso em: 20 set. 2023.

ALMEIDA JÚNIOR, J. J.; SMILJANIC, K. B. A.; MATOS, F. S. A.; PEROZINI, A. C.; DE SOUSA, J. V. A.; JUNIOR, L. F. R.; LIBERATO, P. V. Análise das variáveis tecnológicas do milho em função das doses crescentes de condicionador pó de rocha. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 88440-88446, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n11-315>.

ALOVISI, A. A., LUZ, R. A. DA, ALOVISI, A. M. T., TOKURA, L. K., GOMES, C. F., CASSOL, C. J. Silicatagem no solo e na produtividade da cultura do milho. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 9, n. 1, p. 933-

950, maio 2020. DOI: :
<https://doi.org/10.19177/rgsa.v9e012020933-950>.

BAMBERG, A. L.; SILVEIRA, C. A. P.; MARTINAZZO, R.; BERGMANN, M.; GRECCO, M. F.; POTES, M. L. Desempenho agrônomo de fontes minerais e orgânicas de nutrientes para as culturas de milho e trigo. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 2., 2013, Poços de Caldas. **Anais [...]**. Poços de Caldas: Suprema, 2013. v. 1, p. 24-31. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/83230/1/Anais-II-Congresso-Brasileiro-de-Rochagem-13.pdf>. Acesso em: 20 set. 2023.

BORGES, A. L.; OLIVEIRA, A. M. G.; GIRARDI, E. A.; COELHO, E. F.; ZONTA, E.; XAVIER, F. A. S.; SILVA, J.; GOMES, J. C.; MONTEIRO, J. E. B. A.; STAFANATO, J. B.; SOUZA, L. D.; SOUZA, L. S.; SOUZA, L. F. S.; PEREIRA, M. G.; FILHO, M. A. C.; FONSECA, N.; ROSA, R. C. C.; RITZINGER, R.; SILVA, T. S. M. **Recomendações de calagem e adubação Para abacaxi, acerola, banana, laranja, tangerina, lima ácida, mamão, mandioca e maracujá**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2009. 176 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/22695/1/1/livro-RecomendacaoCalagemAdubacao-AnaLuciaBorges-AINFO.pdf>. Acesso em: 20 set. 2023.

BORCHI, E.; PEREIRA FILHO, I. A.; RESENDE, A. V. de; SILVA, D. D. da; MENDES, S. M.; SILVA, A. F. da. **Dez dicas para produção de milho**. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 33 p. (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1518-4277; 216), 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/169117/1/doc-216.pdf>. Acesso em: 20 set. 2023.

BRASIL. Instrução nº 46, de 06 de outubro de 2011. **Instrução Normativa Nº 46, de 6 de outubro de 2011**. Brasília, 2011. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/legislacao/portugues/instrucao-normativa-no-46-de-06-de-outubro-de-2011-producao-vegetal-e-animal-regulada-pela-in-17-2014.pdf/view>. Acesso em: 15 out. 2021.

BRASIL. **Lei nº 12890**. Brasília 10 de dez. 2013. Brasília, 2013. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/12890.htm. Acesso em: 25 abr. 2021.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 05, de 10 de março de 2016**. Diário Oficial da União. 49. ed. Brasília, n. 49, p. 10, 2016. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/21393137/do1-

ARTIGO ORIGINAL

[2016-03-14-instrucao-normativa-n-5-de-10-de-marco-de-2016-21393106](#). Acesso em: 25 set. 2021.

CATI. **Milho Al Bandeirante**. São Paulo: CATI, 2001. Disponível em:
<https://www.cati.sp.gov.br/porta1/themes/unify/arquivos/produtos-e-servicos/MILHO-AL-BANDEIRANTE.pdf>. Acesso em: 02 mai. 2021

COLA, G. P. A.; SIMÃO, J. B. P. Rochagem como forma alternativa de suplementação de potássio na agricultura agroecológica. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 4, p. 15-27, 2012. Disponível em:
<https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/1132/1269>. Acessado em 02 mai. 2021.

CONTINI, E., MOTA, M. M., MARRA, R., BORGHI, E., MIRANDA, R. A.; SILVA, A. F.; SILVA, D. D., MACHADO, J. R. A.; COTA, L. V.; COSTA, R. V.; MENDES, S. M. **Série desafios do agronegócio brasileiro (NT2). Milho - Caracterização e Desafios Tecnológicos**. 2019. Disponível em:
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/195075/1/Milho-caracterizacao.pdf>. Acesso: 15 mar. 2020.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P. Eficiência de rocha fonolito moída como fonte de potássio para as culturas do arroz, feijão, milho e soja. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 2., 2013, Poços de Caldas. **Anais [...]**. Poços de Caldas: Suprema, 2013. p. 327-337. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/295099176_Anais_do_II_Congresso_Brasileiro_de_Rochagem_coletanea_de_varios_autores. Acesso em: 26 ago. 2021.

DADALTO, G. G; FULLIN, E. A. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo – 4ª aproximação**. Vitória, ES: SEEA/INCAPER, 2001, 266p.

FERREIRA, D. F. **Sisvar: a computer statistical analysis system**. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R. do; RESENDE, Á. V. de; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. de A. **Fertilidade do solo**. 261 f, 2001. Curso de pós- graduação "latu sensu" (Especialização) a distância fertilidade do solo e nutrição de plantas no agronegócio. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. Disponível em:
http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/11493/1/TEXT0%20ACADÊMICO_Fertilidade%20do%20solo.pdf. Acesso em: 31 ago. 2023.

GIUNTI, O. D.; FONTANETTI, A.; SILVA, A. V.; PODESTÁ, C. L. T.; FERNANDES, E. M. S.; PROVIDELLO, A. Parâmetros fitométricos de variedades comerciais e crioulas de milho em sistema orgânico. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 31., 2016, Bento Gonsalves. **Anais [...]**. Bento Gonsalves: Abms, 2016. v. 1, p. 925-929. Disponível em:
http://www.abms.org.br/cnms2016_trabalhos/docs/892.pdf. Acesso em: 11 set. 2021.

GRECCO, M. F.; BAMBERG, A. L.; POTES, M. DAL.; LOUZADA, R.; SILVEIRA, C.A.P.; MARTINAZZO, R.; BERGMANN, M. Efeito de rochas moídas e torta de tungue sobre a concentração e acumulação de nutrientes na parte aérea de plantas de milho (zea mays) *In*: II Congresso Brasileiro de Rochagem. **Anais [...]**. 101-108p. Poços de Caldas, MG. 2013. Disponível em:
<https://www.brazilianjournals.com/ojs/index.php/BRJD/article/download/19917/15961>. Acesso em: 21 set. 2023

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção Agrícola Municipal, 2023. Disponível em:
<https://sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: 22 set. 2023.

NOVAIS, R. F. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999. 399 p.

PILLON, C. N. Dos pós de rocha aos remineralizadores: passado, presente e desafios. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 3., 2016, Pelotas. **Anais [...]**. Brasília: Triunfal Gráfica e Editora, 2016. p. 15-22. Disponível em:
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165890/1/Pillon-Livro-rochagem.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2021.

PRODUTORES Orgânicos da Região da Vertente do Caparaó – Minas Gerais – Brasil. **Caderno de Homeopatia**. Viçosa. 2009, 50 p. Disponível em:
<https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/defesa/livros/CADERNO%20DE%20HOMEOPATIA.pdf>. Acesso em: 25 set. 2021.

REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DA PESQUISA DO MILHO. **Indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul: safras 2017/2018 e 2018/2019 / LXII Reunião Técnica Anual da Pesquisa do Milho**. *In*: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DA PESQUISA DO SORGO, 65, Sertão, RS, 2017. Brasília, DF : Embrapa, 2017, 209 p. Disponível em:
<https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202003/12103455-livro-indicacoes-tecnicas-milho-sorgo-2017-18-e-18-2019.pdf>. Acesso em: 02 mai. 2021.

ARTIGO ORIGINAL

SBCS – Sociedade Brasileira de Ciência do solo. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. Curitiba: SBCS, 2017.

SILVA, L. A. F. **Viabilidade de utilização de remineralizadores como alternativa a fertilizantes convencionais**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2017. Disponível em:

https://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/11401/2/FB_COEA_M_2017_1_11.pdf. Acesso em: 02 mai. 2021

SILVA, L. D. P.; AZEVEDO, A. C.; A. FILHO, R. Ação de microorganismos em pó-de-basalto. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 2., 2013, Poços de Caldas. **Anais [...]**. Poços de Caldas: Suprema, 2013. v. 1, p. 43-50. Disponível em:

<https://www.embrapa.br/documents/1354346/26325871/Livro+Congresso+de+rochagem+Formato+Web.pdf/29be78a9-dd7a-8050-5b31-2b02c583589e>. Acesso em: 12 set. 2021.

SOUZA, F. N. S.; ALVES, J. M.; NASCENTE, L. M.; MARTINS, M. Viabilidade do uso de pó de rocha Como fonte alternativa de nutrientes no estado do Tocantins. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 2., 2013, Poços de Caldas. **Anais [...]**. Poços de Caldas: Suprema, 2013. v. 1, p. 181-189. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/295099176_Anais_do_II_Congresso_Brasileiro_de_Rochagem_coletanea_de_varios_autores. Acesso em: 12 set. 2021.

STRAATEN, P van. **Agrogeology: the use of rocks for crops**. 1. ed. Cambridge, Ontario CA: Enviroquest Ltd., 2007.

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. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 2., 2013, Poços de Caldas. **Anais [...]**. Poços de Caldas: Suprema, 2013. v. 1, p. 32-42. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/295099176_Anais_do_II_Congresso_Brasileiro_de_Rochagem_coletanea_de_varios_autores. Acesso em: 12 set. 2021.

YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. **Fósforo na Agricultura Brasileira**. Piracicaba, SP: Potafos, 2004. 726 p.