

## **Eficiência Agronômica de Remineralizador do Solo de Micaxisto na Sucessão Milheto-Soja**

**Agronomic Efficiency of Micaxisto Soil Remineralizer in Millet-Soya Succession**

**Eficiencia Agronómica del Remineralizador de Suelos Mikaschist en la Sucesión Mijo-Soja**

Recebido: 27/09/2022 | Revisado: 14/10/2022 | Aceitado: 15/10/2022 | Publicado: 20/10/2022

**João Paulo Vilela Castro**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8370-0322>  
Universidade Federal de Goiás, Brasil  
E-mail: vilelajp21@gmail.com

**Wilson Mozena Leandro**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3141-1588>  
Universidade Federal de Goiás, Brasil  
E-mail: leandro@ufg.com

**Eliana Paula Fernandes Brail**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4474-4653>  
Universidade Federal de Goiás, Brasil  
E-mail: elianafernandesufg@gmail.com

**Karla Rennyellen Santos Ferreira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3934-1905>  
Universidade Federal de Goiás, Brasil  
E-mail: karlaferreira.agro@gmail.com

**Carolina Brom Aki de Oliveira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4525-2223>  
Universidade Federal de Goiás, Brasil  
E-mail: bromaki@yahoo.com.br

**Priscyla Batista Passos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6747-9843>,  
Faculdade UniAraguaia, Brasil  
E-mail: priscylabep@hotmail.com

### **Resumo**

A expansão da agricultura no bioma Cerrado com alta dependência de insumos tem gerado impactos negativos de ordem econômica, especialmente em momentos de crise cambial. O objetivo do estudo foi avaliar a eficiência agronômica de remineralizador do solo obtido de pó de micaxisto de geologia do Grupo Araxá, situado na cidade de Bela Vista de Goiás, GO, denominado HVB-K. O estudo foi conduzido na Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, situada no município de Goiânia, Goiás, em casa de vegetação em dois solos: Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa e um Latossolo Vermelho Amarelo de textura média. Os tratamentos foram doses crescentes do remineralizador KVB-K (0, 30, 60, 120 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O). Empregou-se como referência dois produtos: um remineralizador registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (FMX) e o cloreto de potássio (KCl). Ambos na dose de 60 kg ha<sup>-1</sup>. Os tratamentos foram semeados em vasos de nove kg de solo o milheto e soja em sucessão. A eficiência agronômica foi calculada para o potássio no solo, planta e produtividade de ambas as culturas considerando os produtos de referência (FMX e KCl). Pode-se concluir que o remineralizador de micaxisto apresentou eficiência agronômica ao FMX para ambas as culturas e solos na produtividade, teor foliar e teor no solo. Em relação ao cloreto de potássio necessita-se de aumentos de doses do micaxisto para obtenção da equivalência da fonte solúvel. Os resultados demonstram alto potencial de uso do micaxisto em sistemas envolvendo sucessão milheto-soja.

**Palavras-chave:** Produção sustentável; Rochagem; Adubação potássica; Solos cerrado.

### **Abstract**

The tropical Field expansion are closely related to input consumption, which may impact negatively on economy, even more in particular circumstances as the actual pandemic situation. The aim of this study was to evaluate the agronomic efficiency of the soil remineralizer from Araxá geologic group's micaxiste (Bela Vista de Goiás village, Goiás, Brazil). This study was conducted on Escola de Agronomia of the Universidade Federal de Goiás, in Goiânia, Goiás, at hoop house using two different soils: Latosol Red distrofic clayey and Latosol Red-Yellow distrofic half texture. The experiment was planned with full factorial design by KVB-K doses (0.0, 30.0, 60.0, 120.0 and 240.0 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O). Two commercial products were used as reference (FMX – from Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, as the natural source; and Potassium Chloride), both in 60 kg ha<sup>-1</sup>. Then, after the pots (9 kg) were prepared and the soybean and millet were distributed in succession. Agronomic efficiency was calculated

according potassium content in the parts of the system (soil and plant), and productivity of both cultures. The equations were also considered the commercial reference to FMX and KCl. Data are demonstrated high agronomic efficiency from FMX to all treatments. Compared to KCl, to equivalence in crop production, the KVB-K needs high inputs, especially with more soluble sources. Results shown high potential from micaesquisto on the system proposed.

**Keywords:** Sustainable production; Rock dust; Potassic fertilization; Tropical soil.

### Resumen

La expansión de la agricultura en el bioma de Cerrado con alta dependencia de insumos ha generado impactos económicos negativos, especialmente en tiempos de crisis monetaria. El objetivo del estudio fue evaluar la eficiencia agronómica de un remineralizador de suelo obtenido a partir de polvo de micaesquisto del Grupo Araxá, ubicado en la ciudad de Bela Vista de Goiás, denominado HVB-K. El estudio fue realizado en la Escola de Agronomia, Universidade de Goiás, ubicada en el municipio de Goiânia, Goiás, em invernadero en dos suelos: un Latosol Roja distrófico de textura arcillosa y un Latosol Rojo Amarelo de textura media. Los tratamientos fueron dosis crecientes del remineralizador KVB-K (0, 30, 60, 120 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O). Se utilizaram como referencia dos productos: un remineralizador registrado en el Ministerio de Agricultura, Ganaderias e Abastecimento (FMX) y cloruro de potássio (KCl). Ambos a una dosis de 60 kg ha<sup>-1</sup>. Los tratamientos se sembraron en macetas de 9 kg de tierra, mijo y soya en sucesión. Se calculó la eficiencia agronómica para potasio en suelo, planta y productividad de ambos cultivos considerando los productos de referencia (FMX y KCl). Se puede concluir que el remineralizador de micaesquisto mostró eficiencia agronómica a FMX tanto para cultivar como para suelos en términos de productividad, contenido de hojas y contenido de suelo. En relación con el cloruro de potasio, es necesario aumentar las dosis de micaesquisto para obtener la equivalencia de la fuente soluble. Los resultados demuestran un alto potencial para el uso de micaesquisto en sistemas involucran la sucesión mijo y soya.

**Palabras clave:** Producción sostenible; Roca; Fertilización potásica; Suelos cerrado.

## 1. Introdução

Nas últimas décadas o Brasil avançou significativamente no setor agropecuário, gerando recursos para economia principalmente no que refere as exportações. A produção agrícola busca o crescimento e melhoramento da produtividade com o uso de corretivos e fertilizantes de forma adequada, conciliando resultados econômicos com a elevação da produtividade (Raij, 2011). Assim, a matéria-prima que é importada apresenta custos crescentes devido às oscilações nos valores ao longo do ano que impactam no preço final do produto (Ribeiro & Leite, 2017).

Em levantamento feito pelo Departamento de Nacional de Produção Mineral – DNPM (2018), os insumos importados no ano de 2019 foram superiores a 5% em relação ao ano de 2018, atingindo o volume de 31 milhões de tonelada, no qual o volume de Cloreto Potássio (KCl) representa até 45% do volume total e 91% do KCl é importado.

A atividade agrícola brasileira apresenta grandes perdas de nutrientes por lixiviação ou adsorção de nutrientes gerando perdas gradativas da fertilidade. Para uma agricultura tecnificada e competitiva o uso correto dos nutrientes é indispensável para o crescimento e desenvolvimento das plantas (Neto *et al.*, 2001). O uso de nutrientes é fornecer adequadamente nutrientes essenciais para uma cultura durante o período desenvolvimento (Lopes & Reetz, 2017).

Fontes alternativas de insumos como os remineralizadores ou agrominerais, tem-se demonstrado alto potencial na recuperação dos índices de fertilidade, principalmente como fontes alternativas de Potássio (K<sup>+</sup>). Algumas rochas como as ultramáficas alcalinas, os flogopititos, brecha piroclástica, xistos e biotitas têm se mostrado promissoras no fornecimento e prontamente disponíveis já que a maioria dos solos brasileiros apresenta deficiência no uso deste nutriente (Guelfi Silva, 2012)

De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, 2017), os remineralizadores são de origem mineral que sofrerão ações de redução e classificação por processos mecânicos e que altere os índices de fertilidade do solo promovendo melhorias nas propriedades físicas ou físico-químicas e da atividade biológica do solo. Os remineralizadores ou agrominerais podem apresentar diversas origens e composições, sendo necessário que se assegure sua funcionalidade (Mattos *et al.*, 2017). À medida que o grau de intemperismo avança ocorre a liberação do nutriente, que no caso do Potássio começa a participar da nutrição das plantas (Raij, 2011). Exigências nos materiais como no mínimo de 9% de soma de bases (Sb), 1% de óxido de potássio e máximo de 25% de SiO<sub>2</sub>, além que é necessário a comprovação da eficiência agrônômica (Brasil, 2011).

Neste contexto o objetivo do trabalho será o de avaliar a eficiência da remineração do solo, na sucessão milheto-soja,

com o remineralizador de micaxisto de geologia do Grupo Araxá, obtido na cidade de Bela Vista de Goiás, GO.

## 2. Metodologia

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Fazenda Experimental do Campus II da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (UFG), no município de Goiânia. O clima enquadra-se com B2 WB 42' (Lobato, 1978). Apresenta temperatura média de 21°C, com máxima de 29°C. Com precipitação pluviométrica média anual de 1.487,2 mm.

Os solos utilizados foram o LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO (LVd), de textura argilosa (480 g kg<sup>-1</sup> argila), coletado na cidade de Santo Antônio de Goiás e LATOSSOLO AMARELO (LAM) de textura média (170 g kg<sup>-1</sup> argila) coletado em Aparecida de Goiânia. A análise granulométrica completa e química do solo são apresentados nas Tabelas 1 e 2 respectivamente. Todas as análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Solos e Substratos da Escola de Agronomia (E.A/U.F.G), seguindo metodologia da Embrapa (2017).

Os solos com baixo teor de potássio foram secos ao ar, peneirados em malha de 2 mm, dispostos em vasos de 0,009 m<sup>3</sup>. A calagem foi realizada com calcário dolomítico com base no método de elevação da Saturação de Bases do Solo para 60% (Sousa & Lobato, 2004).

**Tabela 1.** Análise física representativas dos solos utilizados no experimento em casa de vegetação. Goiânia, GO. 2020.

Solo	Argila	Silte	Areia
----- g kg <sup>-1</sup> -----			
Latossolo Amarelo	170	20	810
Latossolo Vermelho	480	90	430

Fonte: Laboratório de Análise de Solo, Escola de Agronomia da UFG, Goiânia, Goiás.

**Tabela 2.** Análise química dos solos representados no experimento em casa de vegetação. Goiânia, GO. 2020.

Solo	pH (CaCl <sub>2</sub> )	P mg/dm <sup>3</sup>	K	Ca	Mg	H+Al ----- cmol/dm <sup>3</sup> -----	Al	CTC	V %
Latossolo Amarelo	6,3	0,3	34	1,3	0,3	1,2	0	2,9	58
Latossolo Vermelho	4,7	0,3	24	1,6	0,5	2,3	0,3	4,5	49

Fonte: Laboratório de Análise de Solo, Escola de Agronomia da UFG, Goiânia, Goiás.

O micaxisto é uma rocha metamórfica composta, basicamente, por mica, quartzo e minerais acessórios (Brasil, 2016). Apresenta K<sub>2</sub>O em sua composição, com potencial para aplicação direta ao solo, principalmente se a mica presente for à biotita. Devido à maior proporção do quartzo, espera-se uma maior estabilidade em relação às micas, quando presentes em fração areia ou silte, intemperizando-se lentamente. Como a maior parte do HVB-K, conforme Tabela 3 apresenta e oligoclasio (25,83%), Muscovita (22,13%); Biotita (14,55%), Clorita (11,35%) entre outros com 50% com granometria menor que 0,3mm e o restante entre 0,3 e 0,8 mm o remineralizador tem alto potencial de disponibilizar K para os agroecossistemas.

O remineralizador de Micaxisto, denominado de HVB-K, constitui um subproduto da mineração de brita asfáltica e para construção civil, obtido da mina da Pedreira Britec, na cidade de Bela Vista de Goiás no estado de Goiás. O material pertencente ao Grupo Araxá, definido originalmente por Barbosa (1955), como um conjunto de metamórficos essencialmente formados por micaxisto e quartzitos.

Para a caracterização do remineralizador, da pedra Britec, foram retiradas dez amostras simples, da pilha de armazenamento, para compor uma amostra composta. As pilhas foram divididas em dez partes iguais e homogêneas para

formar uma amostra de 20 kg. As determinações petroquímicas do remineralizador foram efetuadas no Laboratório Campo, na cidade de Paracatu-Mg, e no Centro Regional de Tecnologia e Inovação (CRTI) da UFG, na cidade de Goiânia-Go. A granometria apresentou característica petrográfica foi realizada por difratometria de raios-X (Rietveld, 1961), da rocha de Micaxisto e a análise petroquímica por fluorescência de raio-X são apresentadas na Tabela 3 e 4.

**Tabela 3.** Determinação da proporção modal das fases cristalinas no pó de micaxisto de geologia do grupo Araxá. Goiânia, GO. 2020.

Mineral	Valor (dag/kg)
Ilmenita	1,96
Goethita	LQ*
Hematita	LQ*
Magnetita	LQ*
Anatásio	LQ*
Rutilo	LQ*
Muscovita	22,13
Clorita Clinocloro	11,35
Biotita	14,55
Quartzo	23,62
Oligoclásio	25,83
Calcita	LQ*
Dolomita	LQ*
Apatita	LQ*
Pirita	LQ*

\*LQ - Abaixo do limite quantificável. Fonte: Centro Regional de Tecnologia e Inovação (CRTI) da UFG, pelo método dedifração de raio-x.

**Tabela 4.** Análise petroquímica por fluorescência de raio-X.

Óxidos	Descrição (dag/kg)
SiO <sub>2</sub>	57,68
TiO <sub>2</sub>	1,18
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,65
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,3
MnO	LQ*
MgO	3,87
CaO	2,09
Na <sub>2</sub> O	2,21
K <sub>2</sub> O	3,47
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,28
SO <sub>3</sub>	LQ*
LOI	3,11
<b>Total</b>	<b>99,85</b>
<b>Silício Total</b>	<b>28,8</b>

\*LQ - Abaixo do limite quantificável. Fonte: Centro Regional de Tecnologia e Inovação (CRTI) da UFG, pelo método dedifração de raio-x.

Os tratamentos empregados foram doses do HVB-K: Testemunha (sem a aplicação); 30 kg/ha de K<sub>2</sub>O; 60 kg/ha de K<sub>2</sub>O; 120 kg/ha de K<sub>2</sub>O; 240 kg/ha de K<sub>2</sub>O. Foram empregados também os tratamentos com fertilizantes potássicos de referência: 60 kg/ha de K<sub>2</sub>O do remineralizador da rocha Araguaia (FMX) e 60 kg/ha de K<sub>2</sub>O com cloreto de potássio (KCl). O FMX é um remineralizador registrado do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) também como micaxisto.

O delineamento experimental adotado foi o delineamento inteiramente casualizados, com sete tratamentos e quatro repetições. Foram montados dois ensaios, um com o Latossolo Amarelo, textura média (LAM) e outro com Latossolo Vermelho Distrófico (LVd).

A semeadura do milho foi realizada com 20 sementes/vaso com posterior desbaste deixando 10 plantas/vaso. Após a colheita do milho houve a semeadura da soja com a adição de 10 sementes de soja/vaso, desbastando para 3 plantas/vaso. O plantio foi realizado após 30 dias de encubação com a calagem, durante o período de dezembro de 2019 a abril de 2020. Foram coletadas amostras de solo e folhas nas duas culturas conforme recomendações de Malavolta *et al.* (1997). As amostras de solo foram analisadas conforme procedimentos de Embrapa (2017) e as de solo conforme Malavolta *et al.* (1997).

Os grãos de soja do experimento foram colhidos e pesados, da mesma forma ocorreu com milho, mas somente para obtenção de dados voltados para biomassa. O material foi condicionado em sacos de papel e levados em forno de ventilação com ar forçado para a retirada da umidade, em temperatura de 61°C, por período de 1 semana. Em relação a soja o material seco foi pesado em seu total e posteriormente separado 100 grãos, pesados, para determinação de rendimento (sacos/ha) (Silva, 2019).

Eficiência de utilização de potássio será estimada através do Índice de Eficiência Agrônômica (IEA) conforme a equação 1, que corresponde ao quociente dos acréscimos de rendimento obtidos com Remineralizador de K e com a fonte de referência (KCl e FMX):

$$PR\% = \frac{\text{(rendimento com Remineralizador de K)}}{\text{(rendimento com fonte referência)}} \times 100 \quad (1)$$

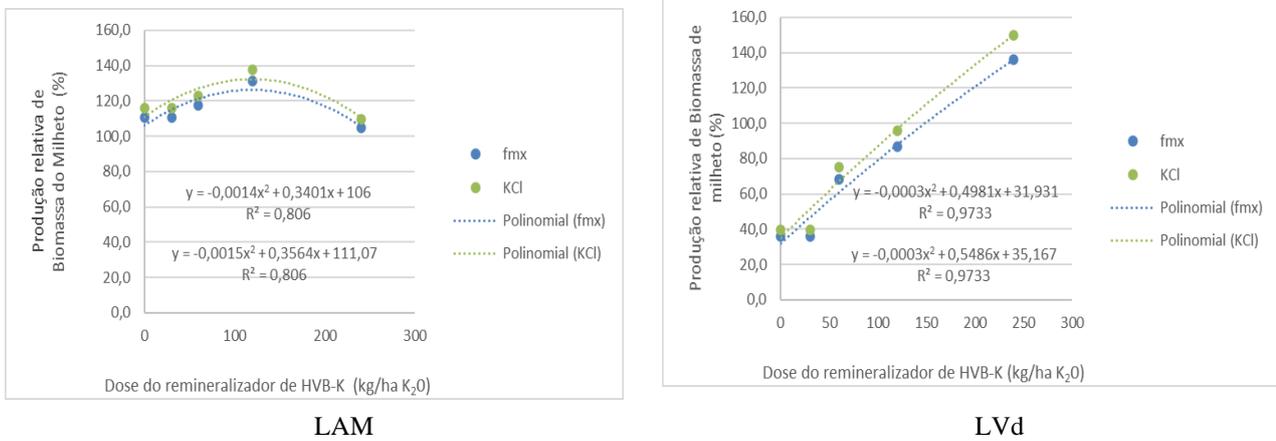
Os dados serão submetidos à análise de variância (ANOVA), os dados originais também serão submetidos à análise de variância e, quando pertinente, foi submetida à análise de regressão polinomial do 2º grau. A regressão foi considerada satisfatória quando as equações foram significativas a 5% de probabilidade pelo teste F, com o coeficiente de determinação (r<sup>2</sup>) maior que 0,60.

### 3. Resultados e Discussão

#### Milho

Na análise de variância da produção de biomassa do milho (Figura 1), o Teste F foi significativo a 1% de probabilidade para ambos os solos. As doses do remineralizador HVB-K se ajustaram numa regressão polinomial do 2º grau e proporcionaram incrementos na biomassa relativa até a dose de 110 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no solo LAM e 240 kg ha<sup>-1</sup> no LVd. Em relação às fontes de K de referência (FMX e KCl) as doses de 60 e 30 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O do remineralizador HVB-K atingiram as produções de biomassa dos padrões (100% de Eficiência Relativa) no solo LAM. No solo LVd as produções de biomassa equivalentes foram nas doses de 120 e 140 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (respectivamente para o FMX e KCl). Tais resultados indicam que há necessidade de doses maiores no solo mais argiloso (LVd).

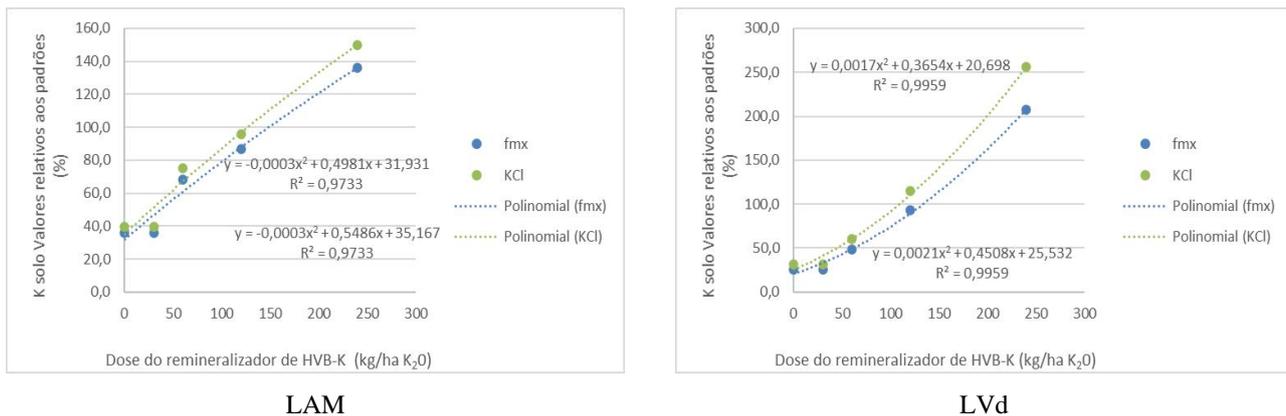
**Figura 1.** Eficiência relativa da produção de biomassa de plantas de milho em função de doses do remineralizador HVB-K nos solos LAM (Teste F de 4,10\*\* p>0,01% e CV igual a 10,88%) e LVd (Teste F de 5,91\*\* p>0,01% e CV igual a 10,69%). UFG, Goiânia, GO.



Fonte: Leandro, W. M (2021).

Nos teores relativos de K no solo (Figura 2) a análise de variância foi significativa a 1% de probabilidade. As doses do remineralizador HVB-K se ajustaram numa regressão polinomial do 2º grau e proporcionaram incrementos no teor de K do solo até a dose de 240 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O para ambos os solos. No solo LAM as doses de 120 e 140 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O proporcionaram os mesmos teores no solo dos produtos padrões (respectivamente para o FMX e KCl). No LVd as doses equivalentes foram 110 e 125 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O respectivamente para o FMX e KCl.

**Figura 2-** Eficiência relativa quanto ao K no solo de plantas de milho em função de doses do remineralizador HVB-K nos solos LAM (Teste F de 12,68\*\* p>0,01% e CV igual a 20,31%) e LVd (Teste F de 15,16\*\* p>0,01% e CV igual a 31,07%). UFG, Goiânia, GO.

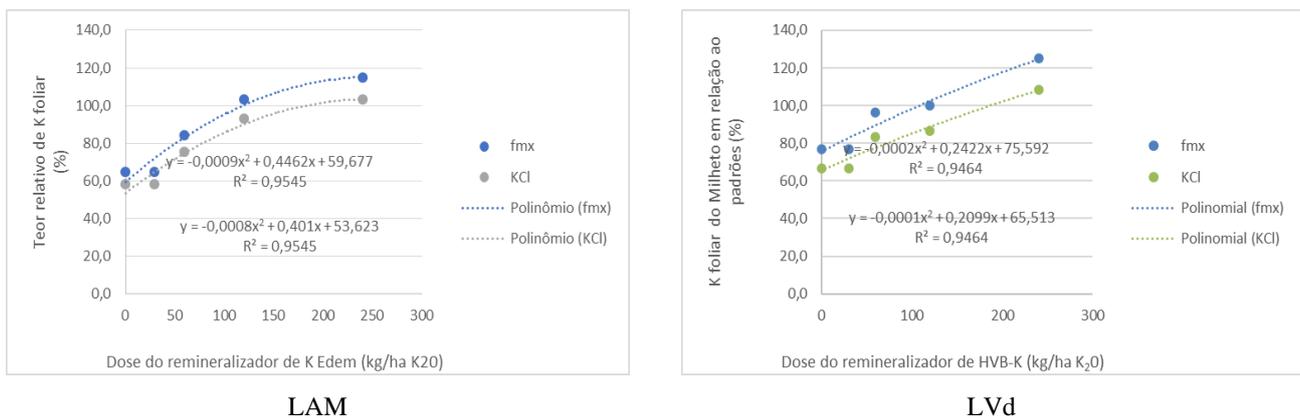


Fonte: Leandro, W. M (2021).

Quanto aos teores relativos foliares de K (Figura 3), na análise de variância, observa-se efeito significativo a 1% de probabilidade. As doses do remineralizador HVB-K se ajustaram numa regressão polinomial do 2º grau e proporcionaram incrementos nos teores foliares até a dose de 240 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O de forma semelhante aos teores relativos de K nos solos. Em relação às fontes referenciais de K (FMX e KCl) as doses de 125 e 250 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no solo LVd e 50 e 125 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no solo LAM, do remineralizador HVB-K atingiram as produções dos padrões FMX e KCl (100% de Eficiência Relativa de Biomassa).

No milho os dados obtidos nas Figuras 1 a 3 demonstram que há liberação de potássio da rocha micaxisto para o solo e que esse K está disponível para o vegetal passível de ser absorvido pelas plantas. Essa disponibilidade de K possibilita aumentos da biomassa de milho no solo arenoso. Para equivalência com os padrões (FMX e KCl) são necessários doses maiores do HVB-K no primeiro ano de cultivo, indicando que seu uso deve substituir parcialmente a adubação de K empregada.

**Figura 3** - Eficiência relativa quanto ao K foliar de plantas de milho em função de doses do remineralizador HVB-K nos solos LAM (Teste F de 3,83\*\* p>0,01% e CV igual a 13,59%) e LVd (Teste F de 6,24\*\* p>0,01% e CV igual a 17,28%). UFG, Goiânia, GO.



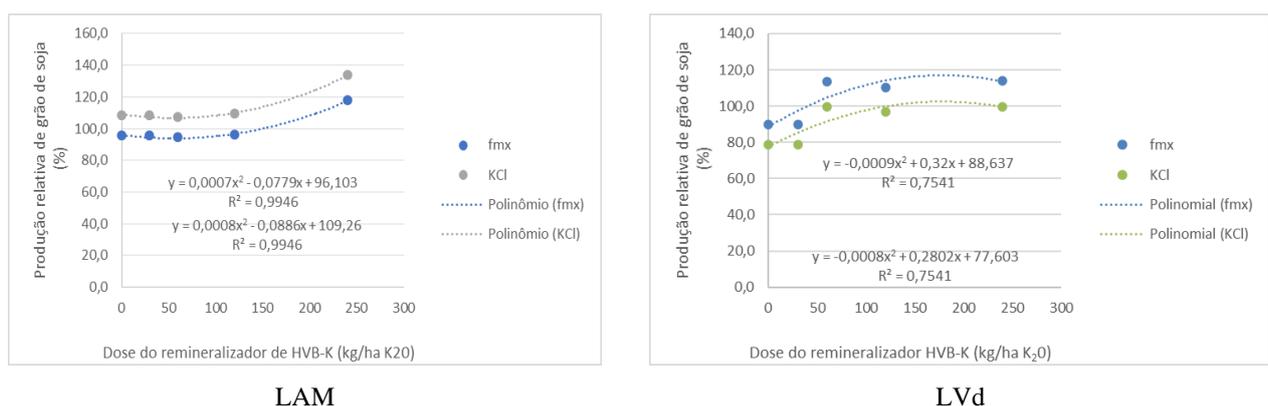
Fonte: Leandro, W. M (2021)

## Soja

Nas Figuras de 4 a 6 são apresentados os efeitos das doses do remineralizador HVB-K nas variáveis estudadas nas plantas de soja nos solos LAM e LVd.

Verifica-se na Figura 4 que em ambos os solos houve efeito significativo (p>0,01%) dos tratamentos na produtividade relativa de soja com coeficiente de variação (CV) menor que 12%. As doses do remineralizador HVB-K se ajustaram numa regressão polinomial do 2º grau e proporcionaram incrementos na produtividade de soja até a dose de 160 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no LVd e 240 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no solo LAM. A dose de e 140 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no LAM proporcionou produtividades equivalentes ao FMX, porém nenhuma dose do HVB-K atingiu a produtividade do KCl. Nos solos LVd as doses de 50 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O foram equivalentes as fontes padrões testadas (FMX e KCl respectivamente).

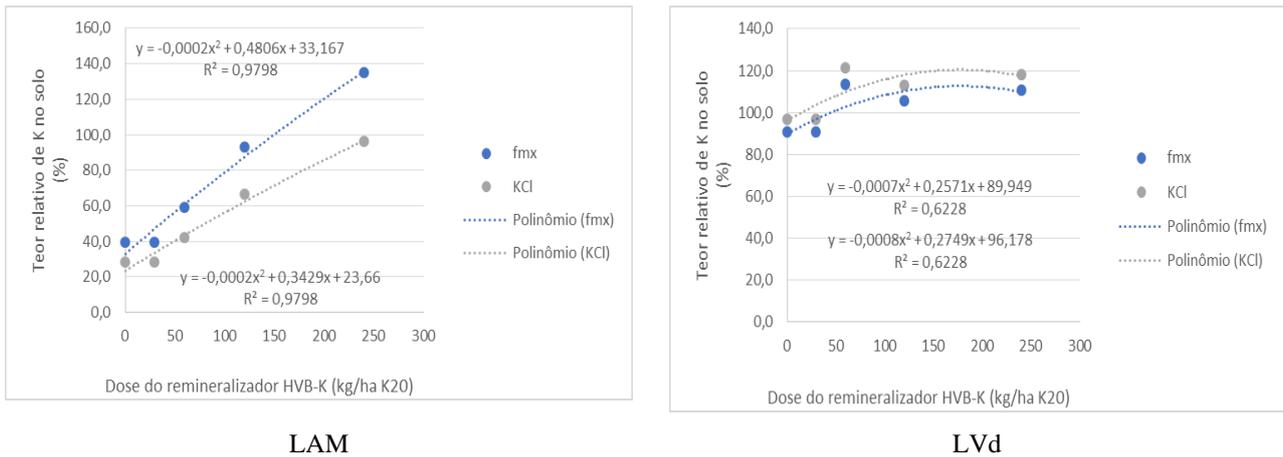
**Figura 4** - Produção relativa de grão de soja em função das doses do remineralizador HVB-K nos solos LVM (Teste F de 5,34\*\* p>0,01% e CV igual a 11,23%) e LVd (Teste F de 8,88\*\* p>0,01% e CV igual a 11,74%). UFG, Goiânia, GO.



Fonte: Leandro, W. M (2021).

Doses crescentes de K<sub>2</sub>O do remineralizador HVB-K proporcionaram aumentos nos teores relativos de K no solo (Figura 5) até a dose de 240 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. As doses de 15 e 55 kg/ha do remineralizador HVB-K proporcionaram teores de K no solo semelhantes ao FMX e KCl, respectivamente no solo LAM.

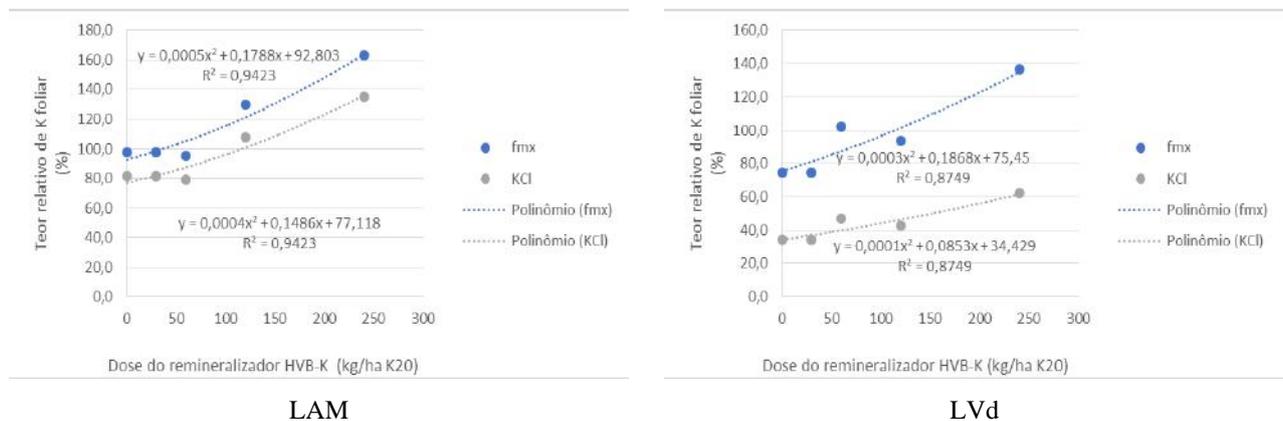
**Figura 5** - Eficiência relativa quanto ao K no solo cultivado como soja em função das doses do remineralizador HVB-K nos solos LVM (Teste F de 31,75\*\* p>0,01% e CV igual a 13,73%) e LVd (Teste F de 22,24\*\* p>0,01% e CV igual a 20,34%). UFG, Goiânia, GO.



Fonte: Leandro, W. M (2021).

Constata-se na Figura 6, no solo argiloso, que houve efeito significativo dos tratamentos nos teores relativos de K foliar na soja com coeficiente de variação menor que 10%. As doses do remineralizador HVB-K se ajustaram numa regressão polinomial do 2º grau e proporcionaram incrementos nos teores foliares até a dose de 240 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O para ambos os solos. As doses de 30 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O do remineralizador HVB-K proporcionou teores foliares semelhantes ao FMX e KCl no solo LAM. As doses foram superiores para atingir a equivalência do padrão FMX (125 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) o solo LVd por outro lado os teores foliares relativos de K foram abaixo de 100% indicando que os teores foliares no padrão KCl foram superiores a todas as doses do HVB-K.

**Figura 6** - Eficiência relativa quanto ao K foliar em plantas de soja em função das doses do remineralizador HVB-K nos solos LAM (Teste F de 52,53\*\* p>0,01% e CV igual a 5,84%) e LVd (Teste F de 73,07\*\* p>0,01% e CV igual a 9,34%). UFG, Goiânia, GO.



Fonte: Leandro, W. M (2021).

Mesmo comportamento ocorrido no milho é observado na soja nas Figuras 4 a 6 indicando que há liberação de potássio da rocha micaxisto para o solo e que esse K está disponível para o vegetal passível de ser absorvido pelas plantas. Essa disponibilidade de K possibilita aumentos na produtividade da soja. Em relação ao FMX a eficiência do HVB-K é maior. Quando o comparativo é o KCl (fertilizante de solubilidade rápida) é necessário dose maior do HVB-K.

Cabe destacar que Cloreto de Potássio (KCl) apresenta alto teor de  $K_2O$  solúvel em água em sua composição o que evidencia esse maior teor. Porém, mesmo com essa disponibilidade o diferencial entre o remineralizadores HVB-K e o FMX são mínimas e um pouco inferior ao cloreto de Potássio. Verifica-se que as dosagens aplicadas possibilitam que os teores de K no solo e foliar sigam a mesma tendência de aumento em ambos os produtos. Ribeiro *et al.* (2010) obteve com o uso de rochas ultramáficas alcalina e brechas piroclástica efeito positivo com altas concentrações de  $K^+$  trocável no solo com adições de altas doses de  $K_2O$  aplicadas com o uso das duas rochas. O mesmo foi observado por Guelfi-Silva *et al.* (2012), utilizou seis tipos de minerais entre eles a flogopita xisto, ilita e biotita foram os que apresentaram melhores potenciais na liberação de K para o solo.

De acordo com Raij (2011), o intemperismo do material de origem, ações e reações que acontecem no solo podem afetar os minerais e as quantidades de potássio no solo participar em da nutrição das plantas. Zörb *et al.* (2013), em estudo com micas trioctádas (presentes nas biotitas e flogopitas) possibilitou a fácil liberação de K por intemperismo, solos com deficiência de K podem melhorar seu conteúdo no solo com aplicação de biotita, mas o tipo de solo, as características físico-químicas, relação planta-solo, atividade microbiana são fatores importantes para essa ação. Grupos de microflora foram relatados em disponibilizar formas fixas de K em formas facilmente absorvidas pelas plantas (Gundala *et al.*, 2013; Meena *et al.*, 2016; Zarjani *et al.*, 2013). Meena *et al.*, (2016) citando Aleksandrov (1967), bactérias presentes na rizosfera, *B. mucilaginosus*, apresentam a capacidade de dissolver o K em minerais insolúveis disponibilizando nutrientes no sistema solo-planta.

O aumento das doses de  $K_2O$  promoveu aumento em LVd no teor de K acumulado no cultivo de soja, incremento de 1,7 mg/vaso (aplicação de 110 kg KCl) para 6 mg/vaso (aplicação de 130 kg KCl) na cultura da soja e 2,1 mg/vaso (aplicação de 140 kg de FMX) 5 mg/vaso (aplicação de 140 kg de FMX) para cada 1 kg de  $K_2O$  aplicado no solo. Em relação ao LAM não apresentou aumento nos teores de K acumulado. Duarte *et al.*, (2012), constatou incremento gradual de K em Neossolo Quartzarênico com uso de biotita a partir do segundo cultivo.

Theodoro *et al.* (2013), em experimento com cinco rochas, dentre elas o micaxisto, em cinco culturas (milho, feijão, alho, quiabo e cenoura) evidenciou que nos Latossolos a disponibilidade de nutrientes em todas as parcelas, demonstrando a interação dos agrominerais com solo e planta. Reis (2013), em tratamento em Latossolo com rochas micaxitos e anfíbolitos, na cultura do milho, relatou que o micaxisto atua como fonte desses nutrientes à planta e apresentou aumento na matéria seca das raízes (MSR).

Duarte *et al.* (2012), verificou em aplicação com rochas silicáticas na cultura do milho que os maiores teores de matéria seca foram proporcionais as maiores dosagens aplicadas no solo. Diferentemente dos solos, teores de P apresentaram com tendência significativa em todos os tratamentos ( $p < 0,02793$ ), as análises de laboratório em que o reagente seja por Mechlich podem quantificar o P de forma que seus teores não sejam significativos conforme apresentado nas análises de solo, mas de forma significativa nas análises foliares. Guelfi-Silva *et al.* (2013) verificou o aumento dos teores de K na parte aérea da planta com uso de maiores dosagens do silicato na cultura do alface. Melhores resultados referentes à nutrição, fertilização potássica e produção forma com o uso de minerais ultramáficos e produtos da britagem.

#### 4. Conclusão

Os dados obtidos em condições de vasos com a cultura do milho e soja permitem inferir as seguintes conclusões:

1. No solo arenoso para o milho o remineralizador HVB-K foi mais eficiente que o KCl e FMX. No solo argiloso é necessário doses maiores do HVB-K no primeiro ano de cultivo, indicando que seu uso deve substituir parcialmente a adubação de K empregada;
2. O remineralizador HVB-K aumentou os teores de K no solo de forma semelhante aos remineralizadores testados na cultura da soja (sucessão);
3. Os solos arenosos foram mais responsivos que os solos argilosos mas ambos mostraram a disponibilização de K do remineralizador HVB-K para o sistema solo-planta;
4. Na maioria das variáveis para a soja no solo argiloso as doses do Remineralizador HVB-K foram mais eficientes que o FMX;
5. O produto HVB-K pode ser empregado como remineralizador na cultura do milho e da soja, com viabilidade e eficiência agrônômica.

## Referências

- Brasil (2011). Lei nº 12890, de 10 de dezembro de 2013. Altera a Lei no 6.894, de 16 de dezembro de 1980, para incluir os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura. Lei de Remineralizadores. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2013/Lei/L12890.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Lei/L12890.htm).
- Barbosa, O (1955). Guias das excursões. In Lacerda Filho, J. V. de. Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e Distrito Federal (pp. 59-60). CRPM.
- Duarte, I. V., Sousa, R. T. X. de., Korndorfer, G. H., Fontoura, P. R., & Soares, R. A (2012). Biotita: fonte de potássio para a agricultura. Supplement 1-XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Uberlândia, 28(1). 98-103. <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/13241>.
- Companhia De Pesquisa Em Recursos Minerias (DNPM) (2021). Brasília. *Zoneamento agrogeológico do Brasil*. <http://www.cprm.gov.br/impressao/pdf/zag181205.pdf>.
- Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária (2017). Protocolo para avaliação da eficiência agrônômica de remineralizadores de solo – primeira versão. Brasília. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/registro-estab-e-prod/registro-produtos/protocolo-remineralizadores-30-01-19.pdf>.
- Guelfi-Silva, D. R., Marchi, G., Spehar, C. R., Guilherme, L. R. G., & Faquin, V (2013). Eficiência agrônômica da adubação potássica na alface adubado com fontes alternativas de nutrientes. *Rev. Ciênc. Agron.* 44(2). [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-66902013000200008&lng=en&enrm=isoetlng=en](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-66902013000200008&lng=en&enrm=isoetlng=en).
- Guelfi-Silva, D. R., Marchi, G., Spehar, C. R., Guilherme, L. R. G., Rein, T. A., Soares, D. A., & Ávila, F. W (2012). Caracterização e liberação de nutrientes de rochas silicáticas e suas alterações nos atributos químicos do solo. *Rev. Bras. Ciênc. Solo.* 36(3). [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832012000300025&lng=en&enrm=isoetlng=en](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832012000300025&lng=en&enrm=isoetlng=en).
- Lobato, O. J. S. M. (1978). Disponibilidade e fórmula climatológica do Município de Goiânia e Municípios Limites. <https://revistas.ufg.br/pat/article/view/1909>.
- Lopes, A. S., & Reetz JR, H. F. (2017). *Fertilizantes e seu uso*. São Paulo, ANDA. 178. <http://www.ufla.br/dcom/wp-content/uploads/2018/03/Fertilizantes-e-seu-uso-eficiente-WEB-Word-Ouubro-2017x-1.pdf>.
- Malavolta, E., Vitti, G. C. & Oliveira, S. A. de. Avaliação nutricional das plantas: princípios e aplicações. (2a ed.), *Associação Brasileira para Pesquisa de Potassa e do Fosfato*, 1997.
- Mattos, T. et al. (2017). Uso de remineralizadores e seus aspectos legais envolvendo o código de mineração [Resumo]. Anais do III Congresso Brasileiro de Rochagem, III CBR - Congresso Brasileiro de Rochagem. CBR. <https://www.embrapa.br/documents/1354346/26325871/Livro+Congresso+de+rochagem+Formato+Web.pdf/29be78a9-dd7a-8050-5b31-2b02c583589e>.
- Meena, V. S, Bahadur, I., Maurya, B. R., Kunar, A., Meena, R. K., Meena, S. K., & Verna, J. P. (2016). Potassium-solubilizing microorganism in evergreen agriculture: na overview. *Potassium Solubilizing Microorganisms for Sustainable Agriculture*, 1-20. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-81-322-2776-2\\_1](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-81-322-2776-2_1).
- Neto, A. E. F., Vale, F. R., Resende, A. V., Guilherme, L. R. G., & Guedes, G. A. A (2011). Fertilidade do solo. *UFLA/FAEPE*. 252.
- Raij, B. Van (2011). Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. Piracicaba, *International Plant Nutrition Institute*. 420.
- REIS, D. N. dos. (2013). *Mineralogia, química, eficiência agrônômica e tecnologia de solubilização de agrominerais fonte de potássio* (Tese de Doutorado). Universidade Federal de Lavras - UFLA. Lavras, MG, Brasil. [http://repositorio.ufla.br/bitstream/110660/1/TESE\\_Mineralogia%2C%20qu%C3%ADmica%2C%20efici%C3%AAncia%20agron%C3%B4mica%20e%20tecnologias%20de%20solubiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20agrominerais%20fontes%20de%20pot%C3%A1ssio.pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/110660/1/TESE_Mineralogia%2C%20qu%C3%ADmica%2C%20efici%C3%AAncia%20agron%C3%B4mica%20e%20tecnologias%20de%20solubiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20agrominerais%20fontes%20de%20pot%C3%A1ssio.pdf).
- Ribeiro, J. V. S., & Leite, M. M. B. (2017). *Solução logística para importação de fertilizantes – Estudo de caso para o Mato Grosso. Pesquisa e extensão em logística agroindustrial*. Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, Brasil. [https://esalqlog.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/2017/Inicia%C3%A7%C3%A3o%20Cient%C3%ADfica/TN\\_JoaoVictor\\_Mariane\\_final.pdf](https://esalqlog.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/2017/Inicia%C3%A7%C3%A3o%20Cient%C3%ADfica/TN_JoaoVictor_Mariane_final.pdf).
- Ribeiro, L. S. da S., Santos, A. R. dos., Souza, L. F. da Silva., Souza, J. S (2010). Rochas silicáticas portadora de potássio como fonte do nutriente para as

plantas. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, 34(3). [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832010000300030](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832010000300030).

Rietveld, H. M (1969). A profile refinement method nuclear and magnetic structures. *Journal of Applied Crystallography*, [S.I], v.2, p. 65-71.

Silva, E. D. B da. (2019). Estimando a produtividade na cultura da soja [Blog]. <https://www.pioneersementes.com.br/blog/46/estimando-a-produtividade-na-cultura-da-soja#:~:text=Peso%20de%20mil%20gr%C3%A3os%3A%20170%20gramas>.

Sousa, D. M. G de. & Lobato, E (2004). Cerrado: correção do solo e adubação. (2a ed.), Embrapa Informação Tecnologia. 416 p.

Theodoro, S. H. & Leonardos, O. H (2011). Rochagem: uma questão de soberania nacional. In: Congresso Brasileiro de Geoquímica, Gramado (3). III *Simpósio de geoquímica dos países do Mercosul*. <https://www.embrapa.br/documents/1354346/26325871/Livro+Congresso+de+rochagem+Formato+Web.pdf/29be78a9-dd7a-8050-5b31-2b02c583589e>.

Theodoro, S. H. Leonardos, O. H., Rego, K. G., Medeiros, F. de Paula., Talini, N. L., Santos, F., & Oliveira, N (2013). Efeito do uso da técnica de rochagem associado à adubação orgânica em solos tropicais. In: Congresso Brasileiro de Rochagem. *Anais do II Congresso Brasileiro de Rochagem* (399 p). Poços de Caldas.

Zörb, C., Senbayram, M., & Peiter, E (2013). Potassium in agriculture-status and perspectives. *Journal of Plant Physiology*. 171(9), 656-669. [https://www.researchgate.net/profile/Mehmet\\_Senbayram/publication/258059327\\_Potassium\\_in\\_agriculture\\_-\\_Status\\_and\\_perspectives/links/5bbc5e96a6fdcc9552dcb055/Potassium-in-agriculture-Status-and-perspectives.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Mehmet_Senbayram/publication/258059327_Potassium_in_agriculture_-_Status_and_perspectives/links/5bbc5e96a6fdcc9552dcb055/Potassium-in-agriculture-Status-and-perspectives.pdf).