



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DO REMINERALIZADOR HVB-K DE
MICAXISTO NA SUCESSÃO MILHETO-SOJA-ARROZ**

Projeto de dissertação apresentado à
Coordenação do Programa de Pós-
Graduação em Agronomia, da Universidade
Federal de Goiás, área de concentração em
Solo e Água, como exigência para obtenção
do título de Mestre em Agronomia.

Orientando:

João Paulo Vilela de Castro

Orientador:

Prof. Wilson Mozena Leandro

Co-Orientadora:

Prof^a. Dra. Eliana Paula Fernandes

Brasil

GOIÂNIA, GOIÁS - BRASIL

2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação Tese

2. Nome completo do autor

João Paulo Vilela de Castro

3. Título do trabalho

EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DO REMINERALIZADOR HVB-K DE MICAXISTO NA
SUCESSÃO MILHETO-SOJA-ARROZ

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

a) consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);

b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Wilson Mozena Leandro, Professor do Magistério Superior**, em 03/05/2021, às 11:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **JOÃO PAULO VILELA DE CASTRO, Discente**, em 05/05/2021, às 20:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1993097** e o código CRC **E44F24F5**.

Referência: Processo nº 23070.006431/2021-94

SEI nº 1993097

JOÃO PAULO VILELA DE CASTRO

**EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DO REMINERALIZADOR HVB-K DE
MICAXISTO NA SUCESSÃO MILHETO-SOJA-ARROZ**

Dissertação apresentado à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Área de concentração: Solo e Água
Orientador: Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro

Co-orientadora: Prof^a Dr^a. Eliana P. F. Brasil

GOIÂNIA, GOIÁS - BRASIL
2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Castro , João Paulo Vilela de
Eficiência Agronômica do Remineralizador HVB-K de Micaxisto na Sucessão Milheto-Soja-Arroz [manuscrito] / João Paulo Vilela de Castro . - 2021.
LXXIX, 79 f.

Orientador: Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro; co-orientadora Dra. Eliana Paula Fernandes Brasil.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia (EA), Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Goiânia, 2021.

Bibliografia. Anexos.

Inclui fotografias, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Remineralizadores. 2. Adubação Potássica. 3. Solos do Cerrado. 4. Adubos Alternativos. I. Leandro, Wilson Mozena , orient. II. Título.

CDU 631/635



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

ESCOLA DE AGRONOMIA

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata Nº 20/2021 da sessão de Defesa de Dissertação de **João Paulo Vilela de Castro** que confere o título de Mestre em Agronomia, na área de concentração em Solo e Água.

Aos 25/02/2021, vinte e cinco dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte e um, a partir das 09:00, nove horas, por videoconferência, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada "EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DO REMINERALIZADOR HVB-K DE MICAXISTO NA SUCESSÃO MILHETO-SOJA-ARROZ". Os trabalhos foram instalados pelo Orientador e Presidente da Banca Examinadora, **Prof. Wilson Mozena Leandro (EA/UFG)** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: **Prof. Juarez Patrício de Oliveira Júnior (EA/UFG)**, membro titular externo; **Prof. Joachim Werner Zang (IFG)**, membro titular externo. Durante a arguição, os membros da banca não fizeram sugestão de alteração do título do trabalho. Após a arguição, a Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido o candidato **APROVADO** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Presidente da Banca Examinadora, **Prof. Wilson Mozena Leandro**, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos 25/02/2021, vinte e cinco dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte e um.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Juarez Patrício De Oliveira Júnior, Professor do Magistério Superior**, em 03/03/2021, às 07:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Joachim Werner Zang, Usuário Externo**, em 04/03/2021, às 10:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Wilson Mozena Leandro, Professor do Magistério Superior**, em 08/03/2021, às 14:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1907710** e o código CRC **B37451BD**.

A DEUS, por me proporcionar uma vida maravilhosa, na qual posso compartilhar com o próximo.

A meus pais Paulo Roberto Tauci de Castro e Marta Vilela de Castro, além de minhas irmãs Maria Letícia Vilela de Castro e Celeste Vilela de Castro por me apoiarem em toda minha trajetória de vida.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por toda graça e proteção que ele tem me proporcionado.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro, pelo apoio, paciência e amizade construída, e pelo acompanhamento na definição do meu trabalho, pelas sugestões e correções de forma séria que somente acrescentaram em meu aprendizado.

A minha co-orientadora, Profa. Dra. Eliana Paula Fernanda Brasil, pela amizade e contribuições para a concretização deste trabalho.

Ao Acaio, Juliana, Daniel, Amanda, Wharris, Rosana, Muller, Marciana, Luciano e dentre tantos pelas amizades construídas, companheirismo, e por acreditar na minha capacidade, sempre me deu coragem para seguir na caminhada.

A Danielle Resende, Izabella Nunes e a Débora, pelo auxílio contínuo e pela amizade construída. A Mariane P. Muniz, Marcus Vinicius Honorato, Ranieri Ramadhan, Ayramanna, a Carolina Brom Aki e ao Marco Aurélio pelos incentivos e motivação em momentos difíceis do programa de pós-graduação, pelos ensinamentos e paciência que teve em passar questões de laboratoriais.

Quero agradecer a Karla R. S. Ferreira por sua amizade, por ter se tornado a minha amiga nesta turma de 2019. Agradeço a ela pela paciência, pelos auxílios nos experimentos e que em momentos difíceis que passei me estendeu a mão como uma verdadeira amiga, obrigado.

A Universidade Federal de Goiás e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade de crescimento profissional.

A Secretaria de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (SEAPA) pela oportunidade de aceitar que pudesse fazer o mestrado.

Aos professores da Escola de Agronomia por compartilharem seus conhecimentos, experiências.

A todos os servidores da Universidade Federal de Goiás em especial ao Célio Alves que de alguma forma contribuiu para o desenvolvimento deste trabalho.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

AGRADEÇO!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	11
LISTA DE FIGURAS	13
RESUMO GERAL	14
GENERAL ABSTRACT	15
1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 AGRONEGÓCIO BRASILEIRO	18
2.2 IMPORTÂNCIA DOS FERTILIZANTES	18
2.3 PANORAMA DOS FERTILIZANTES NO BRASIL	19
2.3.1 Fosfatos naturais	19
2.3.2 Rochas potássicas	20
2.4 POTÁSSIO	21
2.4.1 Potássio nas plantas	22
2.5 IMPORTAÇÃO DE INSUMOS	24
2.6 ROCHAGEM: UM MEIO DE FERTILIZAÇÃO	25
2.7 AGROMINERAL UTILIZADO NO ESTUDO	26
2.7.1 Micaxisto	27
2.8 PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO AGRONÔMICA	27
2.9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29
3 REMINERALIZADOR DO SOLO HVB DE MICAXISTO NA SUCESSÃO MILHETO-SOJA	36
3.1 INTRODUÇÃO	37
3.2 MATERIAL E METODOS	38
3.2.1 Caracterização do produto e plano de amostragem	38
3.2.2 – Localização e características gerais da área experimental	39
3.2.3 – Tratamentos	40
3.2.4 Instalação dos ensaios em vasos	41
3.2.5 Tratos culturais	42
3.2.6 Variáveis estudadas	42
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
3.3.1 Milheto	42

3.4 CONCLUSÕES.....	55
3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
4. EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE REMINERALIZADOR HVB DE MICAXISTO NA SUCESSÃO MILHETO, SOJA E ARROZ EM DOIS SOLOS DE CERRADO GOIANO.	60
4.1 INTRODUÇÃO	61
4.2 MATERIAL E METODOS	63
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
4.4 CONCLUSÃO.....	71
4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	75
ANEXOS	76
ANEXO 1 – DETALHES DA AMOSTRAGEM NA PILHA DO REMINERALIZADOR	77
ANEXO 2 – FOTOS DOS ENSAIOS	78
ANEXO 3 – FOTOS ENSAIOS DE SOJA.....	79

LISTA DE TABELAS

CAPITULO 3

Tabela 1 - Determinação da proporção modal das fases minerais cristalinas pelo método de Rietveld da Amostra - Britec 1 (pó de micaxisto) Britec UFG.	38
Tabela 2 - Análise química por fluorescência de raios-X dos óxidos maiores, conforme Relatório do CRTI, presentes no HVB-K.....	39
Tabela 3 - Quantificação de metais potencialmente tóxicos presentes no HVB-K da Pedreira Britec (micaxisto).	39
Tabela 4 - Análise textural dos solos por densímetro utilizados no experimento em casa de vegetação. Goiânia, Go. 2020.....	40
Tabela 5 - Resultados do teor de argila e análise química, pelo Método de Mehlich 1 e KCl, dos solos utilizados antes da instalação do ensaio. Goiânia. 2019. Ensaio em solo argiloso e franco arenoso. Goiânia, GO. 2020.	40
Tabela 6 – Doses empregadas para os tratamentos e sua correspondência em kg. ha ⁻¹	40
Tabela 7 – Médias dos teores de K nas folhas de milho em dois solos submetidos a doses crescentes de Remineralizador HVB e fontes de K de referência. Goiânia, GO	43
Tabela 8 - Médias dos teores de K no solo cultivado com milho em dois solos submetidos a doses crescentes de Remineralizador HVB e fontes de K de referência. Goiânia, GO....	45
Tabela 9 - Produtividade de biomassa seca de milho em dois solos submetidos a doses crescentes de Remineralizador HVB e fontes de K de referência (FMX e KCl). Goiânia, GO	47
Tabela 10 – Médias dos teores de K nas folhas de soja em dois solos submetidos a doses crescentes de Remineralizador HVB e fontes de K de referência. Goiânia, GO	50
Tabela 11 – Médias dos teores de K no solo em dois solos submetidos a doses crescentes de Remineralizador HVB e fontes de K de referência. Goiânia, GO.....	51
Tabela 12 – Produtividade de soja (sc. ha ⁻¹) em dois solos submetidos a doses crescentes de Remineralizador HVB e fontes de K de referência (FMX e KCl). Goiânia, GO.....	53

CAPITULO 4

Tabela 1 - Análise textural dos solos por densímetro utilizados no experimento em casa de vegetação. Goiânia, Go. 2020.....	63
--	----

Tabela 2 - Resultados do teor de argila e análise química, pelo Método de Mehlich 1 e KCl, dos solos utilizados antes da instalação do ensaio. Goiânia. 2019. Ensaio em solo argiloso e franco arenoso. Goiânia, GO. 2020.	63
Tabela 3 - Determinação da proporção modal das fases cristalinas no pó de micaxisto de geologia do grupo Araxá. Goiânia, GO. 2020.	65
Tabela 4 - Análise petroquímica por fluorescência de raio-X.	65
Tabela 5 – Produtividade de biomassa seca de milho em dois solos submetidos a doses crescentes de Remineralizador HVB e fontes de K de referência (FMX e KCl). Goiânia, GO	67
Tabela 6 – Produtividade de soja (kg. ha ⁻¹) em dois solos submetidos a doses crescentes de Remineralizador HVB e fontes de K de referência (FMX e KCl). Goiânia, GO	68
Tabela 7 – Produtividade de arroz em dois solos submetidos a doses crescentes de Remineralizador HVB e fontes de K de referência (FMX e KCl). Goiânia, GO	69
Tabela 8 – Eficiência Relativa das Produtividades acumuladas da sucessão de milho-soja-arroz em dois solos submetidos a doses crescentes de Remineralizador HVB e fontes de K de referência (FMX e KCl). Goiânia, GO	70

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO 2

- Figura 1** - Importação de fertilizantes (NPK) em Mt. 25
- Figura 2** - Representa a petrográfica dos micaxistos (pontilhado) na Folha Goiânia para escala de 1:250.000..... 27

CAPITULO 3

- Figura 1**- Teor de K foliar de plantas de milho em função de doses do remineralizador HVB-K nos solos LA (franco arenoso) e LVd (argiloso). UFG, Goiânia, GO. 44
- Figura 2** - Teor de K no solo (Mehlich 1) de plantas de milho em função de doses do remineralizador HVB-K nos solos LA (franco argiloso) e LV (argiloso). UFG, Goiânia, GO. 46
- Figura 3** - Produção de biomassa de plantas de milho em função de doses do remineralizador HVB-K nos solos LA (franco arenoso) e LV (argiloso). UFG, Goiânia, GO. 48
- Figura 4** - Teor de K foliar em plantas de soja em função das doses do remineralizador HVB-K nos solos LA (franco arenoso) e LV (argiloso) em comparação com FMX e KCl na dose de 60kg. ha⁻¹ de K₂O. UFG, Goiânia, GO..... 50
- Figura 5** - Teor de K no solo extraído pelo Mehlich 1 cultivado com plantas de soja em função das doses do remineralizador HVB-K nos solos LA (franco arenoso) e LV (argiloso)) em comparação com FMX e KCl na dose de 60 kg. ha⁻¹ de K₂O. UFG, Goiânia, GO.... 52
- Figura 6** - Produtividade de grãos (em sacos por hectare) de soja em função das doses do remineralizador HVB-K nos solos LA (franco arenoso) e LV (argiloso) em comparação com FMX e KCl na dose de 60 kg. ha⁻¹ de K₂O. UFG, Goiânia, GO..... 54

CAPITULO 4

- Figura 1**- Micaxisto retirado na Mineradora BRITEC, Bela Vista de Goiás, 2020. 64
- Figura 2** - Eficiência Relativa da produção acumulada na sucessão milho, soja e arroz em função das doses acumuladas do HVB-K (soma das doses nos três cultivos). 70

RESUMO GERAL

Castro, J.P.V. **Eficiência Agronômica do Remineralizador HVB de Micaxisto na Sucessão Milheto-Soja-Arroz**. 84 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Solo e Água) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, 2021¹.

As conquistas no campo da produção agropecuária brasileira aliada as condições climáticas e ao relevo, tornaram o país um dos líderes mundiais na produção de alimento. Porém, as expressivas conquistas barram nos crescentes aumentos dos insumos agrícolas e, para isso, precisam ser importadas e impactam no preço final do fertilizante. O presente trabalho visa estudar o mineral de micaxisto (HBV-K), proveniente da Mineradora Britec, do Grupo Araxá, como potencial fonte de potássio (K), por meio de avaliação do potencial agronômico em relação ao Cloreto de Potássio (KCl) e remineralizador (micaxisto) regulamentado FMX da Mineradora Araguaia. Doses aplicadas referentes a 50%, 100%, 200% e 400% com influência no desenvolvimento e crescimento das culturas da soja, milho e arroz. Foram realizadas análises petrográficas com difração de raio-X a composição química foi determinada com fluorescência de raio-X. Os experimentos em casa de vegetação foram conduzidos com dois tipos de solo e texturas distintas: Latossolo Vermelho distrófico (LVE) e Latossolo Amarelo distrófico (LAM). Determinação de massa seca da parte aérea (MSPA) para a cultura do milho e produção de grãos para as culturas de soja e arroz. Análise de solo possibilitou teores crescentes de K com relação à solubilidade do micaxisto no solo. O uso do micaxisto HBV-K apresentou MSPA superior aos tratamentos com remineralizadores FMX e em alguns superiores ao KCl, indicando que quanto maior o tempo de contato rocha-solo ocasionará um efeito residual para os materiais subsequentes. Os tratamentos subsequentes com os cultivos de soja e arroz apresentaram produção de grãos superiores aos tratamentos com FMX e KCl. Avaliação do efeito de solubilidade e residual das rochas de micaxisto como fonte de K e outros nutrientes a campo tornam-se necessárias para melhor avaliação do produto.

Palavras Chaves: Rochagem, Pó de rocha. Adubos potássicos, solos cerrado.

¹ Orientador: Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro. EA-UFG.
Coorientador: Profa. Dra. Eliana Paula Fernandes Brasil. EA-UFG.

GENERAL ABSTRACT

Castro, J.P.V. **Agronomic Efficiency of the Mica Shale HVB Remineralizer in the Millet-Soy-Rice Succession.** 84 f. Dissertation (Master in Agronomy: Soil and Water) - School of Agronomy, Federal University of Goiás, 2021.²

The achievements in the field of Brazilian agricultural production combined with the climatic conditions, the relief, made the country one of the world leaders in the production of food. However, the expressive achievements bar the growing increases in agricultural inputs and for that they need to be imported and impact the final price of fertilizer. The present work aims to study the mica schist mineral (HBV-K), from the Britec Miner, from the Araxá Group, as a potential source of potassium (K), by means of an evaluation of the agronomic potential in relation to Potassium Chloride (KCl) and FMX regulated remineralizer (mica shale) from Mineradora Araguaia. Doses applied referring to 0, 50%, 100%, 200% and 400% with influence on the development and growth of soybean, millet and rice crops. Petrographic analysis of X-ray diffraction and X-ray fluorescence for the description of its mineralogical and chemical composition. Experiment conducted in a greenhouse with two types of soil and different textures: Dystrophic Red Latosol (LVe) and Dystrophic Yellow Latosol (LAM). Determination of aerial part dry matter (MSPA) for millet culture and grain production for soybean and rice crops. Soil analysis enabled increasing values in the K contents in relation to the solubility of mica schist in the soil. The use of HBV-K mica schist showed MSPA superior to treatments with FMX remineralizers and in some superior to KCl. Indicating that the longer the rock-soil contact time will cause a residual effect for the subsequent materials. Subsequent treatments with soybean and rice cultivation showed grain production superior to treatments with FMX and KCl. Evaluation of the solubility and residual effect of mica schist rocks as a source of K and other nutrients in the field becomes necessary for a better evaluation of the product.

Keywords: Rockiness, Rock dust. Potassium fertilizers, cerrado soils.

² Adviser: Prof. Dr. Wilson Mozena Leandro. EA-UFG.

Co-adviser: Profa Dra. Eliana Paula Fernandes Brasil. EA-UFG.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país de dimensões continentais e apresenta uma grande diversidade natural de norte a sul e de leste a oeste. Na biodiversidade, os tipos de solo, relevo, clima entre outros fatores que torna esse país diversificado em sua agropecuária. Para uma agricultura moderna e competitiva torna-se necessário uma produção diversificada sobre tudo com altas produtividades. O Cerrado brasileiro transformou-se em uma região propícia para a produção agropecuária, por apresentar relevo e clima adequado chegando a obter duas safras sequenciais (safra e safrinha). A Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), no levantamento de safra 2020/2021, indica que a produção chegará a 265,9 milhões de toneladas, sendo superior em 3,5% a safra anterior.

Os avanços obtidos na produção agropecuária como soja, cana-de-açúcar, milho, algodão, laranja, carne e leite são provindos de estudo e avanços tecnológicos de instituições como a Embrapa, IAC, universidades e entre outras instituições ligadas às áreas agrícolas. Os sucessivos recordes na produção de alimentos estão ligados à ciência e a inovação no campo, conforme a Associação Brasileira do Agronegócio (2020). No entanto, muitas práticas conservacionistas de solos não têm sido empregadas acarretando grandes perdas, processos de degradação do solo como a erosão, lixiviação, compactação reduzem o potencial produtivo (Kluthcouski et al., 2004), que acarreta grandes prejuízos para o produtor e para o meio ambiente.

A produtividade agrícola, em concílio com resultados econômicos, o uso de corretivos, fertilizantes e defensivos agrícolas. O manejo adequado da fertilidade pode acarretar um aumento de 50% da produção agrícola (Lopes e Guilherme, 2007). O uso de fertilizantes torna-se necessário para o rendimento desejado em produtividades das culturas comerciais. Independente dos índices de produtividades alcançadas nas safras ano após ano o Brasil ainda é dependente da importação de fertilizantes. O Brasil é o 4º maior importador de fertilizantes do mundo (Ribeiro & Leite 2017). Por serem importado, os custos com fertilizantes têm se elevado nos últimos anos, acarretando aumento de 30 a 40% dos custos fixos na produção (Rabobank, 2020).

No intuito de reduzir os custos de produção o uso de fontes alternativas, como os agrominerais ou remineralizadores, podem complementar ou suprir a deficiência de algum nutriente tem demonstrado potencialidade na recuperação dos índices de fertilidade, principalmente como fontes alternativas de Potássio (K) (Theodoro & Leonardos, 2011). A composição química e mineralógica é essencial para escolha do melhor material a ser usado

como remineralizadores (Luz *et al.*, 2010).

O Brasil apresenta uma grande geodiversidade, com depósitos de fósforo, potássio entre outros, mas há uma dependência na importação de insumos o que torna a agricultura brasileira um setor vulnerável (Fonseca, 2016). O uso de um manejo sustentável com rochas fontes de K pode compensar em melhoras dos índices de fertilidade (Theodoro & Leonardos, 2011). No entanto, fica a questão da real utilização de remineralizadores como fontes totais ou complementares na disponibilidade de nutrientes capazes de influenciar na produtividade das culturas. No intuito de obter respostas ao uso de remineralizadores, objetivou-se em pesquisar informações complementares com o uso de micaxisto, como fonte de K, na capacidade de alterar ou influenciar na mudança dos parâmetros de fertilidade do solo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 AGRONEGÓCIO BRASILEIRO

De acordo Kinkartz (2011) que a população mundial cresce 83 milhões de pessoas ao ano, em 2050 chegaremos a 9 bilhões, para saciar a fome destes precisaremos triplicar a produção de alimentos nos últimos 40 anos. Lopes & Guilherme (2007) enfatiza que as pesquisas são necessárias para o aumento da produção de alimentos e vestuários. A modernização da agricultura com aumento da produção se deu pelo uso de fertilizantes, defensivos químicos e melhoramento de sementes. Essas tecnologias incentivaram a modificação do sistema de produção (Santos, 2001).

Áreas anteriormente inóspitas para produção de alimentos, hoje, são produtivas em decorrência do desenvolvimento de processos de irrigação. Análises de solo e de plantas são instrumentos para o uso de fertilizantes. Assim, as melhorias já obtidas nesse setor econômico devem ser mantidas e aprimoradas visando o desenvolvimento de materiais cada vez mais eficientes (Lopes & Guilherme, 2007).

De acordo com o levantamento da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), em levantamento da safra 2020/2021 indicam que a produção chegará a 265,9 milhões de toneladas, sendo superior a safra 2019/2020 em 3,5%, com aumento de área em 1,6% (67 milhões de hectares). Dando destaque para recuperação da produtividade do milho e soja de primeira safra em relação a estiagem do ano de 2019.

2.2 IMPORTÂNCIA DOS FERTILIZANTES

A produção agrícola busca o crescimento e melhoramento da produtividade, exigindo o uso de corretivos e fertilizantes em quantidade adequada, conciliando resultados econômicos, com a preservação ambiental e dos recursos naturais, bem como, a elevação da produtividade (Rajj, 2011). Para Netto et al. (2001), a luta constante para suprir as deficiências nutricionais para obtenção de produtividade barra em limitações da fertilidade.

De acordo com Lopes & Guilherme (2007), o manejo da fertilidade do solo com uso de corretivos e fertilizantes é responsável por um aumento de 50% da produção e da produtividade das culturas. Certamente, o uso eficiente de fertilizantes foi o componente mais importante para o aumento da produtividade, principalmente aquelas consideradas de exportação.

Para Raij (2011), o manejo correto de nutrientes sempre estará relacionado com a classificação física, química, físico-química, mineralógica e microbiológica do solo. A nutrição e uso da fertilidade do solo é mais abrangente e mais interativa no requisito de suprir a necessidade da planta. Neto et al. (2001) argumenta que para se ter uma agricultura tecnificada e competitiva o uso correto dos nutrientes é indispensável para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

Nos últimos anos a criação de sistemas mais sustentáveis se tornou uma imposição ambiental, econômica e jurídica, sendo destacável a premissa de desenvolver e utilizar fontes alternativas de nutrientes para as culturas. Por mais que se busque aperfeiçoar o uso de nutrientes, seja fornecida por fertilizantes, pela ciclagem de resíduos orgânicos dos diversos utilizados como os esterco, compostos, lodo de esgoto, vinhaça e outros, não se contorna a maior verdade que é a necessidade de aplicar mais nutrientes para o aumento de produção e produtividade (Raij, 2011).

De acordo com Reis (2015), a ausência ou a baixa concentração de nutrientes no solo já é um fator limitante que conseqüentemente afetará a produção. Para Cola & Simão (2012), a agricultura moderna faz uso dos fertilizantes para obter aumento de produção tentando, ao mesmo tempo, conservar a fertilidade e a biodiversidade do solo. Assim, tecnologias inovadoras deverão ser adotadas para uso adequado do solo e dos recursos hídricos. Desta forma, os fertilizantes tornam-se importantes para fornecimento de nutrientes essenciais e é um ponto importante para o suprimento disponível e para proteção ambiental e do ecossistema (Lopes & Reetz, 2017).

2.3 PANORAMA DOS FERTILIZANTES NO BRASIL

De acordo com Fonseca (2016), as fabricações de fertilizantes NPK são necessárias o gás natural e nafta, rocha fosfática, enxofre e rocha potássica. O gás natural e a rocha fosfática é preciso ações de transformações para este se tornem solúveis de fácil absorção para as plantas.

2.3.1 Fosfatos naturais

As rochas fosfáticas são abundantes nos país, com considerável abundância de carbonatitos que são rochas ígneas. Os depósitos mundiais de fosfatos são de origem sedimentar com 20% a 30% de P_2O_5 , no Brasil, por sua vez as rochas possuem teores de 10% de P_2O_5 , conforme citação de Fonseca (2016). Há vários depósitos de fosfatos no Brasil, mas alguns não

se encontram em atividade seja por motivos ambientais ou mesmo econômicos.

2.3.2 Rochas potássicas

Apesar de altos índices de produtividade, o Brasil é dependente das importação de rochas potássicas e de fontes de nitrogênio. De acordo com Theodoro & Leonardos (2011), no país há fontes alternativas de insumos que supram a demanda de macro e micronutrientes. Nos últimos anos trabalhos com remineralizadores vêm demonstrando alterações na fertilidade do solo. Embora os silicatos sejam ricos em potássio (feldspato, muscovita e a leucita) não são fontes importantes, sua baixa solubilidade e estrutural não liberam o nutriente facilmente. O uso de rochas ígneas, como fonte de K, se dá pela exploração de outras substâncias, onde os depósitos evaporíticos constituem fontes de potássio, por serem solúveis em água e de fácil processamento (DNPM, 2010).

Os principais compostos de evaporíticos de potássio, são:

- a) Silvita (KCl), possui 63% de K_2O ;
- b) Carnalita ($KCl.MgCl_2.6H_2O$), possui 17% de K_2O ;
- c) Cainita ($KCl.MgSO_4 .3H_2 O$), contendo 19% de K_2O ;
- d) Langbeinita ($K_2 SO_4 .2MgSO_4$), com 23% de K_2O ;
- e) Polialita ($K_2SO_4 .MgSO_4 .2CaSO_4 .2H_2O$), com 15,6% de K_2O ;
- f) Schoenita ($K_2SO_4 .MgSO_4 .6H_2O$) com 23,4% de K_2O ;
- g) Singernita ($K_2SO_4 . CaSO_4 .H_2O$), com 28% de K_2O .

Devido ao alto teor de potássio, os minerais mais representativos são a silvita, a carnalita, a cainita e a langbeinita. Em depósitos evaporíticos ocorre a mistura de silvita e halita, denominada de silvinita (KCl+NaCl), principal minério de potássio (DNPM, 2010).

2.3.2.1 Reservas mundiais e nacionais de potássio

As maiores reservas mundiais de sais de potássio se encontram no Canadá (47,7%) e na Rússia (35,8%), juntamente com outros produtores que podem chegar a 48,7% da reserva mundial. O Brasil ocupa a 11º em termos de reserva (DNPM, 2013).

Somente duas áreas de rochas potássicas são conhecidas no Brasil, no Estado de Sergipe há sais de potássio do tipo carnalita. No Estado do Amazonas há depósitos de silvita que são extraídos desde a década de 70, mas a extração tem sofrido atrasos a ações de ordem econômicas e técnicas. Assim, é visível a dependência do país a por rochas potássicas, com

poucos depósitos o país respondeu por menos de 10% de sua necessidade, conforme citação de Fonseca (2016).

De acordo com a empresa Potássio Brasil, novas jazidas foram descobertas próximas às margens do Rio Amazonas às profundidades que podem variar de 700 a 1000 metros. Na região de Novo Remanso (AM), por exemplo, o potássio apresenta camada de 4,9 metros de espessura e o teor de KCl pode chegar a 20%, apresenta sulfatos em proporção significativa o que pode valorizar ainda mais a descoberta, pois o Sulfato de Potássio (SOP) é um fertilizante mais nobre com 30% no preço superior ao Cloreto de Potássio. Em Itacoatiara (AM), apresenta camada de 4,27 metros de espessura com teor de 20,5% de KCl a 850 metros de profundidade com porção significativa de sulfatos, podendo transformar o Brasil de 11º em reservas para o 8º país, conforme dados da Potássio Brasil, 2014.

2.4 POTÁSSIO

De maneira geral o Potássio (K) é o segundo nutriente mais exigido pelas culturas, encontrado nos solos na forma mineral primário nas redes cristalinas de destes minerais, como o feldspato, mica, muscovita e a biotita e em minerais secundários (estrutural) (Faquin, 2001). A liberação de K no solo ocorre através do processo de intemperismo desses minerais, de forma lenta e gradativa que na sua maioria são pequenas quantidades que pouco influenciam na demanda nutricional da planta (Ernani et al., 2007). O K pode ser encontrado nas seguintes formas: a) Potássio solução; b) Potássio Trocável; c) Potássio Não-Trocável e d) Potássio Mineral.

K-solução é a fonte imediata de K para as plantas, sendo apenas uma pequena fração do K-trocável. A quantidade presente no solo é insuficiente para atender o cultivo da planta, devido a grande exigência por esse nutriente, sendo necessário ser ressuprido pelo K da fase sólida (Neto et al., 2001). A reposição do K da solução pode ocorrer de várias formas, como será apresentado a seguir, mas a reposição principal ocorre pelo K-trocável (Ernani et.al., 2007).

A presença do K-trocável representa a parte da fase sólida que pode ressuprir a solução do solo quando à medida que a planta absorve o nutriente. Em solos muito intemperizados, como ocorre na região dos Cerrados, torna-se uma reserva muito importante de disponibilidade de K à planta (Faquin, 2001). As frações mais grosseiras na argila, como areia e o silte, as reservas de K não trocável são pequenas, sendo ambientes com pouca presença de K a médio e em longo prazo (Pereira, 2009). A forma trocável a fração K encontra-se ligadas nas frações negativas das superfícies orgânicas e inorgânicas, através de ligações

eletroestáticas, dando o caráter covalente entre as ligações (Ernani et al., 2007).

O K-Não Trocável, em solos de minerais de argila 1:1, os teores normalmente são semelhantes aos de K-trocável (Ricci, 1989; citado por Ernani et al., 2007). Embora não sejam prontamente disponíveis, esta pode ser importante suprimento de K às plantas em médio/longo prazo, após esgotamento de K-trocável. Ocorrendo somente um sensível esgotamento das reservas de K-trocável, sendo mais sensível em solos menos intemperizados (Neto et al., 2001). Conforme a Lei de Equilíbrio Químico nos solos onde os teores de K na solução são altas as transferências da forma não-trocável e estrutural, causam pouco efeito devido que os teores existentes na solução são maiores e constantes. Dessa forma, o aproveitamento na forma não-trocável, acaba sendo interessante ao longo dos anos, forçando a liberação de K das formas não-trocáveis (Benites et al., 2010).

K-mineral ou K-estrutural, como o K constituinte de minerais primários (Neto et al., 2001). Como o intemperismo é um processo lento as quantidades por este processo acabam sendo, na maioria das vezes, insuficientes para suprir a demanda da planta (Ernani et al., 2007). Os minerais primários mais importantes são a mica e os feldspatos. Os filossilicatos, grupos das micas, são as principais fontes de K. As podem ser encontradas em rochas metamórficas (xistos, gnaisses), magmáticas intrusivas (granitos) e sedimentares (argilitos e folhelhos). Ortoclásio, microclina e sanidina são feldspatos mais comuns (Ernani et al., 2007).

A concentração de K na solução do solo para a absorção pelas raízes é controlada pelo processo de difusão. Diferentemente do Fósforo (P) a dependência da ação da difusão é menos crítica, devido a maior quantidade de K na solução do solo (Neto et al., 2001). Além de que, devido a maior mobilidade do K em relação ao P, propícia maior esgotamento em decorrência da absorção pelas plantas (Raij, 2011). Principalmente em solos do Cerrado, onde a alta retenção de K não é favorável. Fatores como a baixa CTC, baixos teores de Matéria-Orgânica impossibilitam a capacidade de “tamponamento”, conforme Souza (1979) citado por Kimpara, 2003. Vilela et. al,(2002) citado por Kimpara (2003), ressaltam que a aplicação de K na forma de cloreto de potássio (KCl), devido a alta solubilidade, apresenta alta lixiviação e pouca retenção devido as característica geológicas do Planalto Central.

2.4.1 Potássio nas plantas

O potássio é absorvido pelas plantas na forma iônica K em que a fase de crescimento vegetativo requer mais o nutriente, podendo implicar na deficiência na absorção de outros cátions (Raij, 2011). Nos estádios iniciais os teores de K são mais elevados,

decrecendo ao longo do tempo devido baixa atividade do sistema radicular, conforme observado por Fageria (1982) e Meurer (2006) citado por Ernani et al., 2007.

Por ser um elemento muito móvel e apresenta alta mobilidade intracelular, seja pelo xilema e floema (Faquin, 2001). Em condições de baixa disponibilidade nas plantas que pode ser influenciada por fatores como a própria planta, o solo e o clima. Ernani (et al., 2007) ressalta que o fator solo envolve o processo de trocável e não trocável e lixiviação do nutriente. Para a planta a morfologia do sistema radicular pode influenciar já que cada espécie tem uma demanda diferente pelo nutriente e que as altas temperaturas e umidade são fatores que podem aumentar a absorção de K pela planta. Por ter o transporte de nutrientes via difusão (principal via) e fluxo de massa, o suprimento do nutriente vai sempre depender da quantidade de água transpirada e do teor de K no solo.

O manejo dos solos é um fator determinante a ser considerado para obtenção de um bom desenvolvimento radicular. O uso de práticas de manejo convencionais, por certo modo, pode influenciar positivamente no desenvolvimento inicial da raiz (Perteson, 2006). Para uma melhor absorção do K a distribuição do sistema radicular é importante, que por sua vez influencia na morfologia do sistema radicular da planta (Klepker e Anghinoni, 1995).

A disponibilidade de água no solo é influenciada diretamente ao tipo de manejo solo, podendo afetar diretamente ou indiretamente no desenvolvimento e crescimento do sistema radicular (Costa et al., 2009). A difusão e o fluxo de massa são as principais vias de transporte de nutrientes na solução do solo ao sistema radicular (Meurer, 2006, citado por Ernani et al., 2007).

O suprimento de K às raízes ocorre via difusão resultado do gradiente de concentração de K entre a superfície e a rizosfera. A rizosfera, de certa forma pode limitar a absorção de K via difusão, ou seja, a distâncias muito curtas da superfície das raízes (Ernani et al., 2007). Plantas com sistema radicular extenso, por sua vez apresentam grande área radicular o que facilita a absorção, fatores que impeçam o desenvolvimento radicular como toxidez por Al^{+3} e compactação tende a diminuir a taxa de difusão de nutrientes, conforme Correy e Shulte (1993), citado por Ernani et al., 2007.

Por não fazer parte de nenhuma estrutura ou composto orgânico (Faquin, 2001). O K se encontra em grandes concentrações no citossol e cloroplastos ($100-200 \text{ mmol.L}^{-1}$), podendo neutralizar os ânions solúveis de ácidos orgânicos e inorgânicos (Meurer, 2006, citado por Ernani et al., 2007), citado por Ernani et al., 2007). Em pH 7 a 8 torna-se favorável para melhores reações enzimáticas. Além de favorecer uma melhor regulamentação osmótica e absorção iônica (Meurer, (2006), citado por Ernani et al., 2007).

Por algumas espécies absorverem grandes quantidades de K (consumo de luxo) o excesso desse nutriente pode interferir na absorção de outros íons, altas taxa de K aumentam a taxa de absorção de NO_3^- , Marschner (1995); citado por Meurer (2006) citado por Ernani et al., 2007. Altas concentrações de K podem reduzir a absorção de Mg^{+2} , mas o inverso não ocorre (Fonseca e Meurer, 1997), embora a redução dos teores de Ca^{+2} causam efeito sinérgico (Faquin, 2001).

Efeitos na redução de síntese de proteínas e o acúmulo de compostos nitrogenados como aminoácidos, amidas e outros compostos são constatados devidos os excesso de K (Marschner, 1986). O efeito contrário também é observado em plantas com deficiência de K, o surgimento da putrescina causa efeito tóxico é de origem em aminoácidos devido a deficiência. Efeitos como necrose e clorose nas bordas das folhas mais velhas, são características de plantas com deficiência de K devido ao acúmulo de putrescina (Faquin, 2001).

2.5 IMPORTAÇÃO DE INSUMOS

De acordo com Ribeiro & Leite (2017), sucesso do agronegócio brasileiro se deve ao uso de mão-de-obra qualificada e uso de tecnologias. A agricultura nos Cerrados é possível corrigindo a acidez com uso de calcário, sendo indispensável o uso de fertilizantes para repor os nutrientes exportados pelas culturas. Cola e Simão (2012), ressalta que o modelo de produção agrícola privilegia o uso intensivo de insumos industrializados.

A agricultura brasileira é um setor ainda vulnerável, a dependência na importação de insumos que compõe os fertilizantes NPK, indispensável para oferta de nutrientes, conforme destacado por Theodoro & Leonardos, 2011. De acordo com Fonseca (2016) por Brasil ser um país com grande geodiversidade, com depósitos suficientes de Fósforo, mas o mesmo não ocorre com os depósitos de potássio, enxofre e nitrogênio, levando o país a dependência absoluta por importação o que pode trazer riscos a competitividade agrícola com outros países produtores de grãos. O Brasil é o 4º maior consumidor de fertilizantes, mas produz somente 2% da produção mundial, conforme Ribeiro e Leite (2017).

De acordo com Fontanari (2020), até o mês de dezembro a estimativa de entrega de fertilizantes chegará a 38,05 milhões de toneladas, um avanço de 5% no comparativo anual, que era projetado para 37,3 milhões de toneladas (Figura 1). O aumento das importações é decorrente da forte negociação com o consumidor final, nisto se encontra ao otimismo dentre os produtores de grãos que vem fortalecendo as cotações. As rochas fosfatadas são importadas da Rússia, Marrocos, China, Estados Unidos, Tunísia e Israel. O cloreto de potássio (KCl), são

importados da Rússia, Canadá, Bielorrússia e Alemanha. O nitrogênio vem de países como a Rússia, Ucrânia, Estados Unidos, Argentina, Alemanha e China, conforme citação de Ribeiro & Leite (2017). Para Zafalon (2019), os principais países fornecedores de insumos agrícolas para o Brasil são a Rússia, Canadá, China e Marrocos.

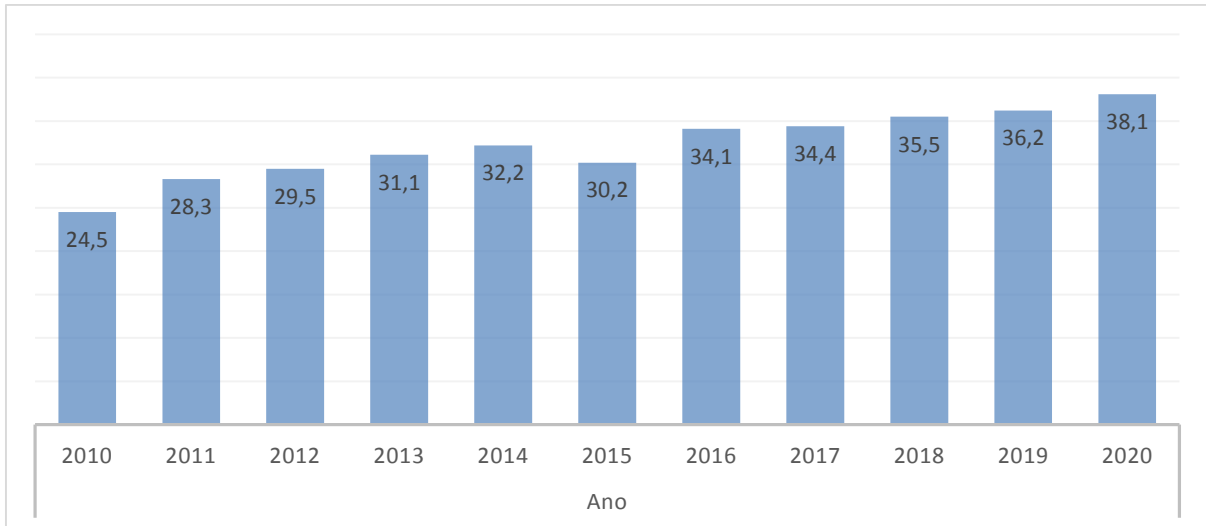


Figura 1 - Importação de fertilizantes (NPK) em Mt.

Fonte: Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA) e StoneX, 2020.

2.6 ROCHAGEM: UM MEIO DE FERTILIZAÇÃO

A expansão de cultivos com elevado nível de tecnologia está entre as principais causas da crescente demanda por fertilizantes, as culturas de soja, milho, cana-de-açúcar, café e algodão chegam a consumir 90% do total de fertilizantes utilizados no Brasil. Ressalta-se que a correção da acidez do solo e a adubação mineral com uso de N, P e K, representam normalmente de 30 a 40%, dos custos de produção das culturas (Embrapa, 2020).

A mudança para um manejo sustentável em nossa agricultura implica na redução da dependência de fertilizantes minerais, incrementando ao uso de fontes naturais como o uso de rochas fosfatadas e potássicas (Cola e Simão, 2012). Para Grecco et al., (2016), o Brasil por ter uma atividade agrícola intensiva faz com os solos sejam propensos a perdas gradativas de fertilidade. Assim, produtores utilizam fertilizantes minerais de alta solubilidade para compensar as perdas ocorridas. Por um montante de matéria-prima ser importada, os custos das lavouras têm se elevado nos últimos anos, com isso o uso de fontes alternativas de insumos tem mostrado alto potencial na melhora dos índices de fertilidade em solos tropicais, incluindo o Brasil e alguns países africanos, conforme citado por Theodoro & Leonardos, 2011.

Para Brandão (2012), a rochagem ou remineralização é uma prática que consiste na

aplicação direta no solo de rochas moídas. Theodoro & Leonardos (2011) ressalta que as rochas moídas podem fornecer de forma adequada a quantidade de nutrientes para o solo e subsequentemente à planta. Almeida & Silva (2009), ressalta que com o objetivo de redução de custos, produtores agrícolas estão recorrendo a fontes alternativas de fornecimento de nutrientes. O uso da fertilização com rochas tem-se tornado uma alternativa econômica por não existir processamento químico, havendo apenas a moagem das rochas, com liberação gradual de nutrientes o que diminuem as perdas por lixiviação conforme Leonardos et al., (2000) citado por Welter et al.(2011). Torna-se necessário observar que a composição química e mineralógica é um fator determinante para a seleção do material mais adequado para o uso da rochagem (Luz et al., 2010).

2.7 AGROMINERAL UTILIZADO NO ESTUDO

A Folha Goiânia é contida na área do Maciço Mediano de Goiás, onde são incorporados terrenos de granito-greenstone com alto grau de metamorfismo (Almeida (1968) citado por Baeta Junior, 2001). Os terrenos de granito-greenstone ocupam área deste o oeste de Minas Gerais e parte substancial de Goiás. De composição granodiorítica a tonalítica (Berbert, 1980; Danni & Fuck, (1981) citado por Baeta Junior, 2001), metamorfozadas com faces de xisto-verde a anfíbolito. Os anfíbolitos da Folha Goiânia apresentam coloração cinza-escura a esverdeada. São constituídas por hornblenda e plagioclásio, podendo ocorrer piroxênio, quartzo, biotita, epidoto e clorita (Moreton et al., 1995 citado por Baeta Junior, 2001).

O Planalto Rebaixado de Goiânia ocorre nas porções sul e sudeste (Figura 2) é caracterizado por extenso planalto rebaixado e dissecado, desenvolvido principalmente sobre rochas do Grupo Araxá (DNPM, 1993). O Grupo Araxá foi definido por Barbosa (1950) como sendo um conjunto de metamorfitos (essencialmente micaxistos e quartzitos) aflorantes próximo da cidade de Araxá (Minas Gerais). Esta designação foi originada devido aos litótipos assemelhados do estado de Goiás, que foram subdivididos em duas áreas:

a) Unidade “A” representada por micaxistos a duas micas, finos a grosseiros, com granada, estaurolita, cianita, cordierita e intercalações de quartzitos micáceos finos a grosseiros, xistos grafitosos e anfíbolitos;

b) Unidade “B”, constituída por calcixistos com intercalações de calcários.

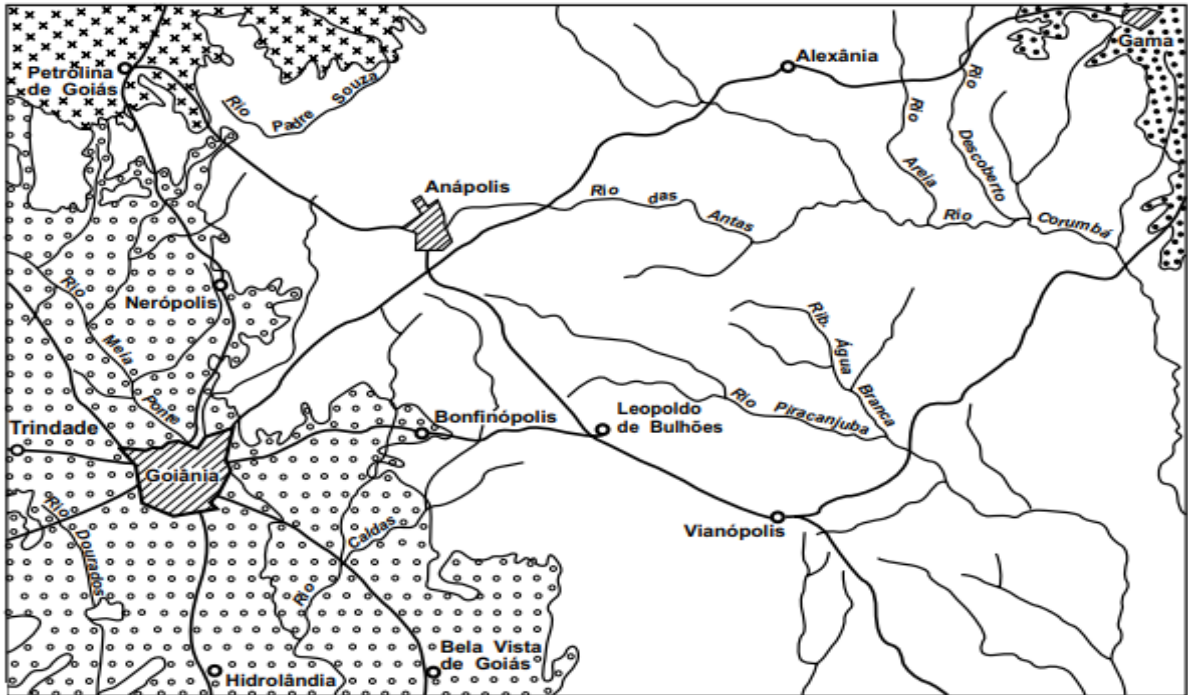


Figura 2 - Representa a petrográfica dos micaxistos (pontilhado) na Folha Goiânia para escala de 1:250.000.

Fonte: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 2001.

2.7.1 Micaxisto

Rocha metamórfica composta por mica, quartzo e outros minerais, possui em sua composição K_2O que pode ser aplicado diretamente no solo com ação de remineralizadora, principalmente se a mica presente for a biotita (Pádua, 2012). Para Reis (2013), o material é de origem do decapeamento de jazidas de calcário, que pode apresentar em sua mineralogia a presença de calcita. Micaxisto apresenta veios irregulares devido aos feixes de mica muscovita, apresenta quartzo e pode apresentar grãos arredondados de zircão.

2.8 PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO AGRONÔMICA

Como acima citado até o mês de dezembro a estimativa de entrega de fertilizantes chegará a 38,05 milhões de toneladas sendo 5% acima do projetado para 37,3 milhões de toneladas (Fontanari, 2020). O país, em função da importação, torna-se vulnerável e dependente das políticas externas para a obtenção de insumos necessários para a produção agrícola. Desta forma, demonstra por parte do Governo Federal a falta de políticas públicas referente à Segurança Nacional para assegurar a garantias de produção de insumos necessários para a condução de nossa agropecuária (Theodoro, 2017).

Alternativas têm sido buscadas para diminuir a dependência e os altos custos dos insumos, o uso de remineralizadores visa atender os seguintes requisitos: a) produtividades compatíveis; b) custos de aquisição, de 80 a 60% mais baratos.

Esses resultados são os registros dos processos que possibilitam que os remineralizadores possam ser inseridos como insumos agrícolas e sigam as diretrizes necessárias para a obtenção dos registros de sua comercialização (Theodoro, 2017).

A Empresa Brasileira de Agropecuária (Embrapa, 2017) na Lei 12.890 de 10 de dezembro de 2013, em seu artigo 3º, por remineralizador entende-se todo material de origem mineral que tenha sofrido apenas redução e classificação de tamanho por processos mecânicos e que altere os índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas, bem como promova a melhoria das propriedades físicas ou físico-químicas ou da atividade biológica do solo. Como complemento a esta Lei, a Instrução Normativa nº 5, de 10 de março de 2016, em seu artigo 4º, lista critérios de especificações e garantias que este tipo de produto deve apresentar para fins de registro junto ao MAPA. Porém, em relação à avaliação da eficiência agrônômica, art. 9º do referido diploma legal, os procedimentos são demasiado generalistas e voltados a uma gama de insumos de diferentes naturezas, via de regra de elevadas concentração e solubilidade dos nutrientes.

De outra forma, tendo em vista o estabelecido no inciso II do art. 9º da IN nº 5, de 2016, para os produtos remineralizadores que não foram testados pela pesquisa brasileira até a data de publicação da referida IN nº 5, ficam mantidas as exigências consubstanciadas no Capítulo VII da IN nº 53, de 2013, observado o disposto no art. 42 deste mesmo diploma legal, não sendo, contudo, necessária a publicação dos trabalhos de pesquisa em revista científica, desde que os produtos objetos desses ensaios atendam os parâmetros e garantias para o registro de remineralizadores previstos na referida IN nº 5, de 2016.

De acordo com a Embrapa (2017), referente à granometria devem seguir os seguintes processos para os remineralizadores na forma de pó, a fração que passa na peneira ABNT nº 50 (com diâmetro de orifícios de 0,30 mm) apresenta reatividade teórica igual a 100%, considerando-se um período de tempo de 12 a 36 meses; já as partículas com diâmetro entre 0,30 e 0,84 mm (passam na peneira ABNT nº 20, mas fica retido na peneira ABNT nº 50) apresentam reatividade de 60%, no mesmo período; as partículas mais grossas, com diâmetro entre 0,84 e 2,00 mm (ficam retidas na peneira ABNT nº 20, mas passa na peneira ABNT nº 10) apresentam reatividade igual a 20% e, finalmente, as partículas com diâmetro maior que 2,00 mm não apresentam efeito nesse período de tempo.

Um aspecto importante se refere as dosagens, a remineralização é um processo lento

e gradual sendo recomendado o uso total da dosagem, o que diz aos tratamentos é sugerido que após o tratamento testemunha a primeira dose seja aquela que forneça 100% da necessidade do solo e da cultura. Sabe-se que os teores dos nutrientes são totais e a liberação é gradual, as doses seguintes podem ser 200, 300, 400 e 500% da recomendação. Em relação ao tempo de duração dos experimentos sugere-se um tempo de 36 meses, sendo 12 meses de experimento em casa de vegetação e 24 meses para experimento de campo, principalmente para os remineralizadores silicáticos (Embrapa, 2017).

2.9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, E.; SILVA, F. J. P. S. **Transição agroecológica de sistemas produtivos familiares do Sul do Paraná e Planalto Norte Catarinense – Relato da experiência com o pó de basalto.** In: I Congresso Brasileiro de Rochagem, 2009, Brasília. Anais I Congresso Brasileiro de Rochagem. Brasília. Fundação Sonia Ivar, 2009. v. 1. p. 167-181.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE AGRONEGÓCIO. Anais 2020. Disponível em:< <https://abag.com.br/categoria/eventos/congresso/>.> Acesso em: 15 jan.2021.

BAETA JUNIOR, J. D. A. **Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil.** Brasília, CRPM, 2001. Disponível em:< <http://www.cprm.gov.br/publique/Geologia/Geologia-Basica/Projeto-Goiania-405.html>.> Acesso em 16 jan. 2021.

BRANDÃO, J. A. **Pó de rocha como fonte de nutrientes no contexto da agroecologia.** Dissertação para o título de mestre em Agroecologia e desenvolvimento Rural – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2102. Disponível em:< <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/142/4824.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.> Acesso em 15 set. 2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Disponível em:<<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em 15 dez. 2020.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira.** Disponível em:< <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>.> Acesso em 25 set. 2019.

COSTA, S. E. V. G.; SOUZA, E. D.; ANGHINONI, I.; FLORES, J. P. C.; ANDRIGUETTI, M. H. **Distribuição de Potássio e raízes no solo e crescimento do milho em sistemas de manejo do solo e da adubação em longo prazo.** Disponível em:< https://www.rbcjournal.org/wp-content/uploads/articles_xml/0100-0683-rbcs-S0100-06832009000500022/0100-0683-rbcs-S0100-06832009000500022.pdf.> Acesso em: 25 dez.

2020.

COLA, G. P. A.; SIMÃO, J. B. P. Rochagem como forma alternativa de suplementação de potássio na agricultura agroecológica. **Revista Verde**, v. 7, nº 4, p. 15-27, 2012. Disponível em:< <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/1132>.> Acesso em 26 set. 2019.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos essenciais e benéficos as plantas superiores. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência dos Solos, 2006. Cap. 1, p. 01-05.

DEFELIPO, B. V., RIBEIRO, A. C. **Análise química do solo: metodologia**. Viçosa, MG:UFV, 1981. 17p. (Boletim de Extensão, 29).

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A. de.; SANTOS, F. C. dos. Potássio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F. dos.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap. 9, p. 551-594.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Esclarecimento sobre o uso de agrominerais silicáticos (remineralizadores) na agricultura**. Brasília, 2020. Disponível em:< https://www.embrapa.br/en/esclarecimentos-oficiais/-/asset_publisher/TMQZKu1jxu5K/content/esclarecimentos-sobre-uso-de-agrominerais-silicaticos-remineralizadores-na-agricultura?inheritRedirect=false.> Acesso em 12 jun. 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE AGROPECUÁRIA. **Cultivo do Milheto-ecofisiologia**. Brasília, 2016. Disponível em:< https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducao6_1galceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=8101&p_r_p_-996514994_topicoId=9020.> Acesso em: 15 jan. 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Protocolo para avaliação da eficiência agrônômica de remineralizadores de solo – primeira versão**. Brasília, 2017. Disponível em:< <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/registro-estab-e-prod/registro-produtos/protocolo-remineralizadores-30-01-19.pdf>.> Acesso em 19 set. 2019.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A. de.; SANTOS, F. C. dos. Potássio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap. 9. p. 551-594.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 182 p.UDOP, 2020

Fertilizantes/Rabobank: Importação em 2020 deve ser 3% menor que em 2019, a 28,6 milhões de toneladas. **UDOP**, Araçatuba, 16 jun. 2020. Disponível em:< <https://www.udop.com.br/noticia/2020/06/19/fertilizantes-rabobank-importacao-em-2020-deve-ser-3-menor-que-em-2019-a-28-6-milhoes-de-toneladas.html>> Acesso em 14 set. 2020.

FERNANDES, M. S. Nutrição mineral de plantas. In: MEURER, E. J. **Potássio**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. Cap. 11, p. 281-298.

FONSECA, D. S. Panorama dos fertilizantes no Brasil: uma justificativa para a rochagem. In: Congresso Brasileiro de Rochagem, nº 3, 2016. Pelotas. **Anais do III Congresso Brasileiro de Rochagem**. Brasília: Embrapa Cerrados: Triunfal Gráfica e Editora, 2016. p. 109-114.

FONSECA, J. A.; MEURER, E. J. **Inibição da absorção de magnésio pelo potássio em plântulas de milho em solução nutritiva**. Rev. Bras. Ciênc. do Solo, 21:47-50, 1997.

FONTANARI, G. **Estimativa de avanço de 5,0% das entregas de fertilizantes em 2020**. Disponível em:< <https://www.mercadosagricolas.com.br/fertilizantes/stonex-estima-avanco-de-50-das-entregas-de-fertilizantes-em-2020/>>. Acesso em 15 dez. 2020.

GONÇALVES, N, H. Manejo do solo para implantação da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A, S.; JENDIROBA, E.; NOBREGA, J. C. M. de. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba, 2006. Cap.6, p.93-103.

GRECCO, M. F.; BERGMANN, M.; BAMBERG, A. L.; SILVEIRA, C. A. P.; MARTINAZZO, R. Potencial de uma rocha dacítica para remineralização de solos. In: Congresso Brasileiro de Rochagem, nº 3, 2016. Pelotas. **Anais do III Congresso Brasileiro de Rochagem**. Brasília: Embrapa Cerrados: Triunfal Gráfica e Editora, 2016. p.173-178.

GLOBALFERT. **Importação de fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos no Brasil crescem em 2018**. Disponível em:< <https://www.globalfert.com.br/noticias/mercado/importacao-de-fertilizantes-nitrogenados-fosfatados-e-potassicos-no-brasil/>> Acesso em 26 set. 20

GOMIDE, C. S. BROD, J. A. PALMIERE, M., SANTOS, R. V., JUNQUEIRA- BROD, T. C, MARCHAO, M. O., SILVA. P. G.N. BRAGA, L. M. V., PAULINO, F. SILVEIRA, D. A. Estudo preliminar de isótopos estáveis de carbono e oxigênio na associação kamafugito-carbonatito- foscrito da Província Ígnea do Alto Paranaíba. **Anais IV Simpósio de Vulcanismo e ambientes associados**, Foz do Iguaçu, 2008.

KNAPI, J. G. **Utilização de Pó de Basalto como Alternativa à Adubação Convencional na Produção de Mudanças de Mimosa Scabrella BENTH e Pronus Sellowi KOEHNE**. 2005. 163 p. Dissertação de Mestrado Ciências Florestais- Uuniversidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

KLEPKER, D.; ANGHINONI, I. **Modos de adubação, absorção de nutrientes e rendimento**

do milho em diferentes preparo de solo. Disponível em:< http://www.fepagro.rs.gov.br/upload/1398954734_art_09.pdf.> Acesso em: 25 dez. 2020.

KINKARTZ, S. **O crescimento populacional e o desafio da alimentação.** DW made for minds. Alemanha, 2011. Disponível em:< <https://www.dw.com/pt-br/crescimento-populacional-e-o-desafio-da-alimenta%C3%A7%C3%A3o/a-15486766>.> Acesso em: 25 jan. 2021.

KLUTHCOUSKI, J.; HOMERO, A.; STONE, L. F.; COBUCCI, T. **Integração lavourapecuária e o manejo de plantas daninhas.** Encarte técnico, Informações agronômicas, Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 7 p.

JUNIOR, A. de O.; CASTRO, C. de.; OLIVEIRA, F. A.; JORDÃO, L.T. Adubação potássica de soja: cuidados no balanço dos nutrientes. Disponível em:< https://www.researchgate.net/publication/283055647_Adubacao_potassica_da_soja_cuidados_no_balanco_de_nutrientes.> Acesso em: 30 dez. 2020.

LAPIDO- LOUREIRO, F. E. **A Megaprovinça Carbonatítica Brasil- Angola e seus Recursos Minerais.** 1995. 192 p. Tese (Geologia) - Universidade de Lisboa, Lisboa, 1995.

LOPES, A. S.; REETZ JR, H. F.; **Fertilizantes e seu uso.** São Paulo, ANDA, 2017. 178 p. Disponível em:< <http://www.ufla.br/dcom/wp-content/uploads/2018/03/Fertilizantes-e-seu-uso-eficiente-WEB-Word-Ouubro-2017x-1.pdf>>. Acesso em 15 dez. 2020.

LUZ, A. B. et al. Rochas, minerais e rotas tecnológicas para produção de fertilizantes alternativos. In: FERNANDES, F. R. C.; LUZ, A. B. da; CASTILHOS, Z. C. (Ed.). **Agrominerais para o Brasil.** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. p. 61-88.

NOVAES, R. F.; ALVARES.V, V. H.; BARROS, N. F. de.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. **Fertilidade do solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. 1. p.1-64.

LUZ, A. B. **Zeólitas: propriedades e usos industriais.** Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, 1995. 35p.

MARTINS, E. S.; OLIVEIRA, C. G.; RESENDE, A. V.; MATOS, M. S. F. Agrominerais – Rochas Silicáticas como Fontes Minerais Aternativas de Potássio para Agricultura. **In: Rochas e Minerais Industriais – Usos e Especificações.** Editores: Adão B. Luz e Fernando Lins, 2008. p.205- 221.

MAGALHÃES, P. C.; DUROES, F. O. M. **Ecofisiologia no cultivo do milho.** Disponível em:< <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27330/1/Ecofisiologia.pdf>.> Acesso em: 29 dez. 2020.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das**

plantas; princípios e aplicações . Piracicaba. POTAFOS, 1985. 201 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa de Potassa e do Fosfato, 1997.

MARTINS, E. S.; **Remineralizadores como fontes de nutrientes**. IN: FERTBIO, 2016, Goiânia. Disponível em:<
<https://sbcs.org.br/fertbio2016/anais/palestrantes/Eder%20de%20Souza%20Martins.pdf>.>
 Acesso em 24 set. 2019.

NETO, A. E. F.; VALE, F. R.; RESENDE, A. V.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252 p.

NOVAIS, R. F. et al., 2007. Fertilidade do solo. In: ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. dos. **Potássio**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap. 9, p.551-594.

PADUA, E, J. de. **Rochagem como adubação complementar para culturas oleaginosas**. 2012. Dissertação (Mestrado em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, 2012. Disponível em:<
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/76755/1/Alvaro-Dissertacao-Eduane.pdf>.> Acesso em 28 dez. 2020.

PAÇÔ, I. B., OLIVERIA, S. A. Eficiência agrônômica de fosfatos de rocha Itafós, utilizados isoladamente ou associados ao superfosfato simples, no oeste da Bahia, para a cultura da soja; **Anais do I Congresso Brasileiro de Rochagem**, Brasília: Embrapa Cerrados: Triunfal Gráfica e Editora, 2009. p.173-178.

POTASSIO BRASIL. Disponível em: <<https://www.agrolink.com.br/noticias/potassio-do-brasil-anuncia-descoberta-de-duas-novas-jazidas-de-potassio-no-am-187242.html>>.
 Acesso em 28 dez. 2020.

RABOBANK. Importação em 2020 deve ser 3% menor que em 2019, a 28,6 milhões de toneladas. **UDOP**, Araçatuba, 16 jun. 2020. Disponível em:<
<https://www.udop.com.br/noticia/2020/06/19/fertilizantes-rabobank-importacao-em-2020-deve-ser-3-menor-que-em-2019-a-28-6-milhoes-de-toneladas.html>.> Acesso em 14 set. 2020.
 RIBEIRO, J. V. S.; LEITE, M. M. B. **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, 2017. Disponível em:<
[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%20JoaoVictor%20Mariane%20final.pdf).> Acesso em 18 set. 2019.

ng=pt.> Acesso em: 15 set. 2019.

ZAFALON, M. **Importação de fertilizantes pelo Brasil é recorde em 2019**. Disponível em:<
<https://www.sna.agr.br/importacao-de-fertilizantes-pelo-brasil-e-recorde-em-2019/>>. Acesso em:15 dez. 2020.

3 REMINERALIZADOR DO SOLO HVB DE MICAXISTO NA SUCESSÃO MILHETO-SOJA

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 o efeito 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⁻¹ de K₂O). 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⁻¹. Os tratamentos foram semeados em vasos de nove kg de solo o milho e soja em sucessão. A eficiência agrônômica 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 agrônômica 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 milho-soja.

Palavras-Chave: Produção Sustentável. Rochagem. Adubação potássica. Solos Cerrado.

REMINERALIZER OF MICAXISTO HVB-K SOIL IN THE SUCCESSION OF MILLET-SOY

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 use of the soil remineralizer from Araxá geologic group's mica schist (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 a green house using two different soils: Latosol Red latosol distrofic clayey and Red-Yellow Latosol 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⁻¹ K₂O). 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⁻¹. 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 mica schist on the proposed system.

Key words: Sustainable Production. Rock dust. Potassic fertilization. Tropical Soil.

3.1 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, 2017).

Em levantamento feito pela Sociedade Nacional de Agricultura – SNA (2020), 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 de 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 e 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). 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 SiO₂, além que é

necessário a comprovação da eficiência agronômica (BRASIL, 2016).

Neste contexto o objetivo do trabalho será o de avaliar o uso da remineralização do solo, na sucessão milheto-soja, com o remineralizador HVB de micaxisto de geologia do Grupo Araxá, obtido na cidade de Bela Vista de Goiás, GO.

3.2 MATERIAL E METODOS

3.2.1 Caracterização do produto e plano de amostragem

A amostragem foi realizada na pilha de armazenamento do remineralizador retirando dez amostras simples para compor uma amostra composta. A pilha foi divididas em dez partes iguais e homogeneizadas para formar uma amostra composta de 20 kg (essas amostras foram usadas para a caracterização e montagem dos ensaios após o tamisamento exigido na legislação do mapa (Tabela 1). Para a amostragem foram consideradas as definições e procedimentos constantes das NBR's 5426 5427. As especificações apresentadas granulométricas foram de 100, 95 e 90% passantes nas peneiras nº 10 (2,00 mm), nº 20 (0,84 mm) e nº 50 (0,30 mm).

As determinações para a caracterização da composição química e geoquímica do remineralizador foram efetuadas no Laboratório CAMPO em Paracatu, MG, cadastrado no MAPA e certificado pelo INMETRO e no Centro Regional de Inovação Tecnológica (CRTI) da UFG em Goiânia, GO. Os dados obtidos estão informados nas Tabelas 1, 2 e 3 em atendimento à Instrução Normativa do MAPA nº 5 de 10/03/2016.

Tabela 1 - Determinação da proporção modal das fases minerais cristalinas pelo método de Rietveld da Amostra - Britec 1 (pó de micaxisto) Britec UFG.

Mineral	Valor percentual (%)	Método
Ilmenita	1,96	Rietveld
Muscovita	22,13	Rietveld
Clorita Clinocloro	11,35	Rietveld
Biotita	14,55	Rietveld
Quartzo	23,62	Rietveld
Oligoclásio	25,83	Rietveld

<LQ – abaixo do limite quantificável.

A fluorescência de raios-X é uma técnica instrumental não destrutiva para determinação dos teores totais constituintes da amostra, apresentados na forma de seus óxidos

e de ampla utilização na análise geoquímica.

Tabela 2 - Análise química por fluorescência de raios-X dos óxidos maiores, conforme Relatório do CRTI, presentes no HVB-K.

Óxidos Analisados (%)	Britec 1 (Pó de micaxisto) Britec UFG
SiO ₂	57,68
TiO ₂	1,18
Al ₂ O ₃	17,65
Fe ₂ O ₃	8,30
MnO	< LQ
MgO	3,87
CaO	2,09
Na ₂ O	2,21
K ₂ O	3,47
P ₂ O ₅	0,28
SO ₃	< LQ
LOI (%)	3,11
Soma (%)	99,85
Silício total	28,8

<LQ – abaixo do limite quantificável.

Observa-se o atendimento ao exigido na IN 05/2016, quanto ao teor de sílica livre (quartzo) e ao mínimo da soma de óxidos (CaO + MgO + K₂O) ≥ 9% em massa.

Quanto à presença dos elementos potencialmente tóxicos (cádmio/Cd, chumbo/Pb, arsênio/As e mercúrio/Hg), constantes da norma, estão apresentados os valores da Tabela 3, conforme certificado de análise do Laboratório CAMPO.

Tabela 3 - Quantificação de metais potencialmente tóxicos presentes no HVB-K da Pedreira Britec (micaxisto).

Elemento	Extrator	Resultado	Unidade	Metodologia
Cd	Total	<LQ	mg. kg ⁻¹ (ppm)	IN03/17+IN24/2007
Pb	Total	19	mg. kg ⁻¹ (ppm)	IN03/17+IN24/2007
As	Total	<LQ	mg. kg ⁻¹ (ppm)	IN03/17+IN24/2007
Hg	Total	< 0,1	mg. kg ⁻¹ (ppm)	IN03/17+IN24/2007

<LQ - Menor que o limite quantificável.

3.2.2 – Localização e características gerais da área experimental

O experimento foi instalado em condições de casa de vegetação, em vasos, em dois

Latossolos, um de textura franco arenosa (LATOSSOLO AMARELO – LA) e outro de textura argilosa, (LATOSSOLO VERMELHO – LV), oriundo da Fazenda Experimental do Campus II da UFG, no município de Goiânia, localizado na região Sul do Estado de Goiás, de acordo com as coordenadas geográficas 16°40'22" de latitude sul, 49°15'19" a Oeste de Greenwich. Apresenta uma altitude média de 730 m (BRASIL, 1959). O relevo é caracterizado por ser moderadamente plano a levemente ondulado. O clima enquadra-se com B2 WB 42' (Lobato, 1978). Apresenta temperatura média de 21°C, com máxima de 29°C e com mínima de 15°C. Umidade relativa anual 41,5%, precipitação pluviométrica média anual de 1487,2 mm e insolação total 2645,7 horas.

O LATOSSOLO VERMELHO (argiloso) e o LATOSSOLO AMARELO (franco arenoso) são caracterizados nas Tabela 4 e 5 e apresentaram baixos teores de K (Tabela 5).

A adubação empregada foi calculada em função da análise de solo conforme a C.F.S.G (1988). Os solos receberam calagem, foram homogeneizados para atingir saturação por bases de 60% e colocados nos vasos. Os teores de Ca e Mg após a calagem é apresentado na Tabela 5.

Tabela 4 - Análise textural dos solos por densímetro utilizados no experimento em casa de vegetação. Goiânia, Go. 2020.

Solo	Argila	Silte	Areia
	g kg ⁻¹		
LATOSSOLO AMARELO (franco arenoso)	170	20	810
LATOSSOLO VERMELHO (argiloso)	480	90	430

Tabela 5 - Resultados do teor de argila e análise química, pelo Método de Mehlich 1 e KCl, dos solos utilizados antes da instalação do ensaio. Goiânia. 2019. Ensaio em solo argiloso e franco arenoso. Goiânia, GO. 2020.

Solo	M.O.	pH	P(Mehl)	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	M	V
	%	(CaCl ₂)	mg. dm ⁻³	mg. dm ⁻³	Cmolc. dm ⁻³	Cmolc. dm ⁻³	Cmolc. dm ⁻³³	Cmolc. dm ⁻³	Cmolc. dm ⁻³	%	%
LA	0,6	6,3	0,3	34,0	1,3	0,3	1,2	0,0	2,9	0,0	58,0
LV	1,7	4,7	0,3	24,0	1,6	0,5	2,3	0,1	4,5	4,3	49,0

3.2.3 – Tratamentos

Os tratamentos empregados consistiram em doses do remineralizador HVB-K (mineral primário de micaxisto), oriundos do Grupo Britec em dois solos, um arenoso e outro argiloso. A dose recomendada foi de 60 kg. ha⁻¹ de K₂O tanto para o milho (Tabela 8) como para a soja (Tabela 6).

Tabela 6 – Doses empregadas para os tratamentos e sua correspondência em kg. ha⁻¹

Descrição	Trat.	dose K ₂ O. ha ⁻¹	% K ₂ O	Fonte	Dose kg.ha ⁻¹ K ₂ O	Dose mg.kg ⁻¹ K ₂ O
Testemunha	0	0	3		0	0
0,5 dose recomendada HVR	30	30	3	HVR	1000	45
1,0 da dose recomendada HVR	60	60	3	HVR	2000	90
2,0 da dose recomendada HVR	120	120	3	HVR	4000	180
4,0 da dose recomendada HVR	240	240	3	HVR	8000	360
1,0 da dose recomendada FMX	60 FMX	60	3	FMX	2000	90
1,0 da dose recomendada HVR	60 KCl	60	60	KCl	100	90

A dose recomendada foi de 60 kg. ha⁻¹ de K₂O. Foi considerado 1 mg. kg⁻¹ e 2 kg. ha⁻¹ e foi usado o fator 3 vezes a dose correção do fertilizante.

3.2.4 Instalação dos ensaios em vasos

3.2.4.1 Milheto

O trabalho foi conduzido em vasos (9 L ou 0,009 m³), dispostos na casa de vegetação da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, no município de Goiânia, GO, com temperaturas médias anuais variando de 29,8°C de máxima e 17,7°C de mínima.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições.

Depois de realizadas as adubações de macro e micronutrientes com superfosfato triplo e ureia, no dia 18 de setembro de 2019 foi feita a semeadura com 20 sementes por vaso de milheto, desbastando para 10 plantas por vaso após a emergência. A adubação de plantio de P e N foi feita com base nos dados obtidos pela análise do solo e nas recomendações da C.F.S.G (1988). Foi aplicado o mesmo fator de correção (3x a doses indicada) explicado na descrição dos tratamentos. As doses aplicadas foram 100 mg. kg⁻¹ de N e 250 mg. kg⁻¹ de P₂O₅. Após a colheita do ensaio do milheto, foi plantada a soja com os mesmos tratamentos. A cultivar de milheto empregada foi a ADR 3000. O ensaio com o milheto foi de 18 de setembro até dia 04 de novembro (colheita do milheto)

3.2.4.2 Soja

Após a colheita do milheto, foram reaplicados os tratamentos, realizada a adubação macro com fosfato monoamônico (MAP) e foi feita a semeadura no dia 13 de novembro com 7 sementes por vaso de soja, desbastando para 3 plantas por vaso. A adubação de plantio de P e N foi feita com base nos dados obtidos pela análise do solo e nas recomendações da C.F.S.G (1988). Devido ao fator de correção aplicado para os vasos de multiplicar por três as doses

aplicadas, foram aplicadas três doses destas soluções. A cultivar de soja empregada foi a Brasmax Desafio RR – 8473 RSF. O ensaio da soja foi conduzido de 13 de novembro de 2019 a abril de 2020.

3.2.5 Tratos culturais

Não foi empregado adubação com micronutrientes. Foi feito desbaste após a emergência das sementes. Foi realizado controle de pragas (percevejos e lagartas) com a catação manual tanto na soja como no milho em vistorias diárias das plantas em todos os vasos. Não houve problemas de doenças em ambas as culturas.

3.2.6 Variáveis estudadas

As características avaliadas no milho e soja foram:

1. Biomassa seca do milho: foi obtida após a pesagem da massa úmida de parte aérea do milho e após secagem a peso constante em estufa com circulação de ar em gramas/vaso.
2. Produtividade da soja: massa de grãos seca e a produtividade em sacas/ha.
3. O teor de Potássio nas folhas de milho e soja: foram amostrados e mensurados conforme metodologia proposta por Malavolta et al. (1999).
4. Teor de K no solo: foram amostrados e mensurados conforme metodologia proposta por EMBRAPA et al. (1999) por meio do extrator Mehlich 1 após a colheita das culturas..

Os dados foram submetidos à análise de variância, e comparação de médias e, quando pertinente, à análise de regressão calculada para equações lineares e quadráticas. Foram aceitas as equações significativas a 1% (**) e a 5% (*) de probabilidade pelo teste F, com o maior coeficiente de determinação (R^2) utilizado o programa estatístico *Statistical Analysis System* – SAS.

O trabalho foi iniciado em 29 de maio de 2019 e finalizado em junho de 2020.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Milho

Nos teores de K foliares de milho (Tabela 7 e Figura 1) verifica-se que houve diferenças significativas nos tratamentos com teste F de 3,83 para o solo LA e 6,24 para o solo LV. Os coeficientes de variação foram menores que 20% e foram maiores no solo LV.

Os maiores teores de K foliares foram obtidos nos tratamentos 240 kg. ha⁻¹ de K₂O de HVB e 60 kg. ha⁻¹ de K₂O de FMX para ambos os solos. Não houve diferenças nas doses de

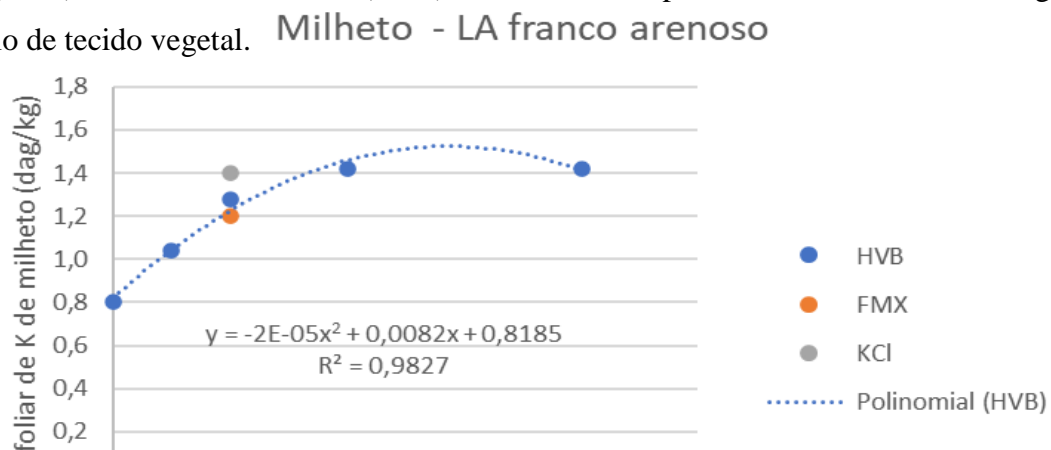
60 kg. ha⁻¹ de K₂O do HVB e dos padrões de referência FMX e KCl para ambos os solos. Na Figura 1 verifica-se que as doses do remineralizador HVB se ajustaram numa regressão polinomial do 2º grau e proporcionaram incrementos no teor de K foliar até a dose de 160 kg. ha⁻¹ de K₂O no LA e 180 kg. ha⁻¹ no LV. Os coeficientes de regressão foram altos (R² maiores que 0,90).

Tabela 7– Médias dos teores de K nas folhas de milho em dois solos submetidos a doses crescentes de Remineralizador HVB e fontes de K de referência. Goiânia, GO

Solo LA			Solo LV		
Tabela	K foliar	Teste	Tabela	K foliar	Teste
Trat	Dag. kg ⁻¹	Tukey ⁽¹⁾	Trat	Dag. kg ⁻¹	Tukey
Solo LA	Franco	Arenoso	Solo LV	Argiloso	
0R	0,8	b	0R	0,8	b
30R	1,0	ab	30R	1,0	ab
60R	1,3	ab	60R	1,0	ab
120R	1,4	a	120R	1,2	ab
240R	1,4	a	240R	1,3	a
60fmx	1,2	ab	60fmx	1,0	ab
60kcl	1,4	a	60kcl	1,2	ab
Teste F	3,83	*	Teste F	6,24	**
CV	13,59	%	CV	17,28	%

(1) Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. ** e * representa significativo a 1% e 5% respectivamente na análise de variância (teste F).

Tais resultados da análise foliar coincidem com os obtidos por Menezes & Leandro (2004). Os autores encontraram em plantas de milho 1,04 dag. kg⁻¹ para o K. Considerando que as produtividades neste ensaio se situaram em 10 ton. ha⁻¹ isso representa uma capacidade de extração do solo de 80 a 140 kg. ha⁻¹ de K. Tais resultados corroboram os obtidos por Pacheco et al. (2011) que obtiveram no milho 130 kg. ha⁻¹ de K em São Antonio de Goiás. Os teores foliares de K no milho estão próximos também as obtidas para os ensaios Soratto et al. (2014) e Crusciol & Soratto (2009) convertendo-os para mesma unidade de decagramas por kilo de tecido vegetal.



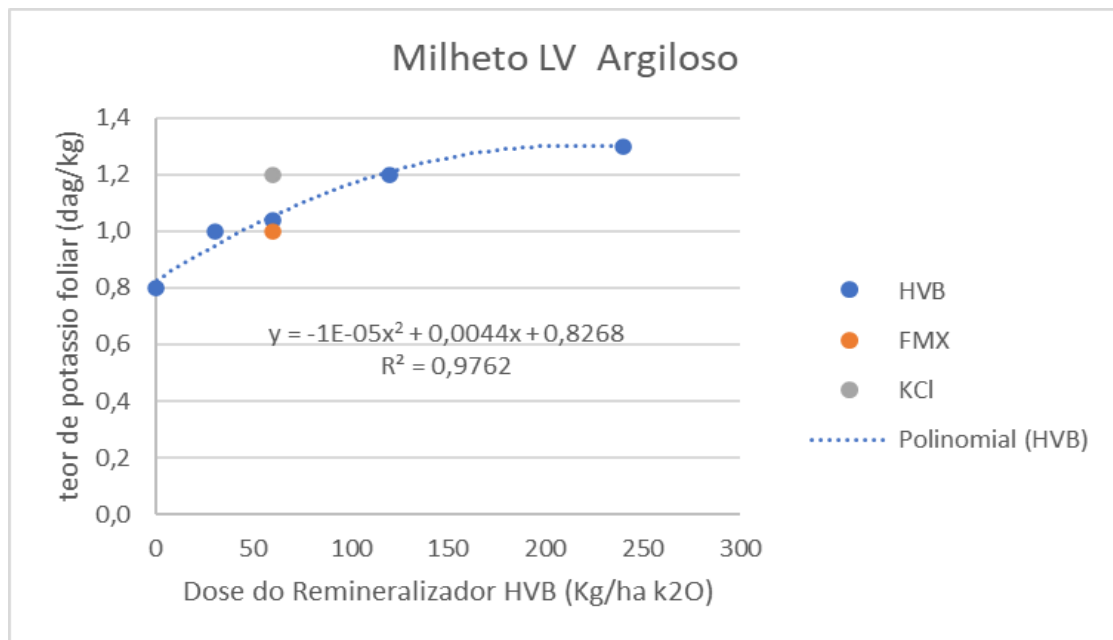


Figura 1- Teor de K foliar de plantas de milho em função de doses do remineralizador HVB-K nos solos LA (franco arenoso) e LVd (argiloso). UFG, Goiânia, GO.

Zörb et al. (2013), em estudo com micas (presentes nas biotitas e flogopitas) verificou a liberação de K após a aplicação. O uso da biotita, em solos deficientes em K pode ser repostos, mas características como o tipo de solos, características físico-químicas, relação planta-solo, atividade microbiana influenciam no processo de liberação.

O K no solo extraído pelo Mehlich 1 cultivado com milho (Tabela 8 e Figura 2) apresentaram diferenças significativas quanto aos tratamentos (Testes F de 12,08 e 15,16 respectivamente para o solo LA e LV). Os teores de K situaram-se entre 37,3 a 140,5 mg. dm⁻³ no solo LA e de 26,5 a 213,5 mg. dm⁻³ no LV. Quanto aos ajustes polinomiais dos teores de K no solo (Figura 2), as doses do remineralizador HVB-K se ajustaram numa regressão polinomial do 2º grau com R² elevados e proporcionaram incrementos nos teores de K do solo até a dose de 180 kg. ha⁻¹ do LA e 240 kg. ha⁻¹ de K₂O no LV indicando em ambos os solos a liberação do K do micaxisto para o sistema solo-planta.

Em relação às fontes referenciais de K (FMX e KCl) na mesma dose (60kg. ha⁻¹ de K₂O) o KCl não apresentaram diferenças significativas quanto ao teor de K no solo

demonstrando o potencial de registro do HVB. Verifica-se em relação aos padrões de Souza e Lobato (2004) que os teores de K no solo estão em níveis abaixo do adequados (menor que 31 mg.dm³ no LA) na testemunha (0R). No solo LV os níveis considerados adequados são de 50 a 80 mg.dm³ de K. Todos os tratamentos, com exceção da testemunha encontram-se acima de 50 mg.dm³. Verifica-se que as fontes testadas aumentaram a disponibilidade de K. Ribeiro et al. (2010) relataram com o uso de rochas ultramáficas alcalina e brechas piroclástica efeito positivo com altas concentrações de K trocável no solo com adições de altas dosagens.

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 micaxistos e anfíbolitos, na cultura do milheto, 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 milheto que os maiores teores de matéria seca foram proporcionais as maiores dosagens aplicadas no solo.

Tabela 8 - Médias dos teores de K no solo cultivado com milheto em dois solos submetidos a doses crescentes de Remineralizador HVB e fontes de K de referência. Goiânia, GO

Tabela	Teor K	Teste	Tabela	Teor K	Teste
Trat	mg.dm ³	Tukey ⁽¹⁾	Trat	mg.dm ³	Tukey
Solo LA	Franco	arenoso	Solo LV	Argiloso	
0R	37,3	d	0R	26,5	c
30R	70,5	cd	30R	50,0	bc
60R	89,5	bc	60R	95,0	b
120R	124,5	ab	120R	120,3	b
240R	140,5	a	240R	213,5	a
60fmx	103,3	abc	60fmx	103,0	b
60kcl	98,0	bc	60kcl	83,5	bc
Teste F	12,08	**		15,16	**
CV	20,31	%		31,07	%

(1) Médias seguidas de mesma letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. ** e * representa significativo a 1% e 5% respectivamente na análise de variância (teste F).

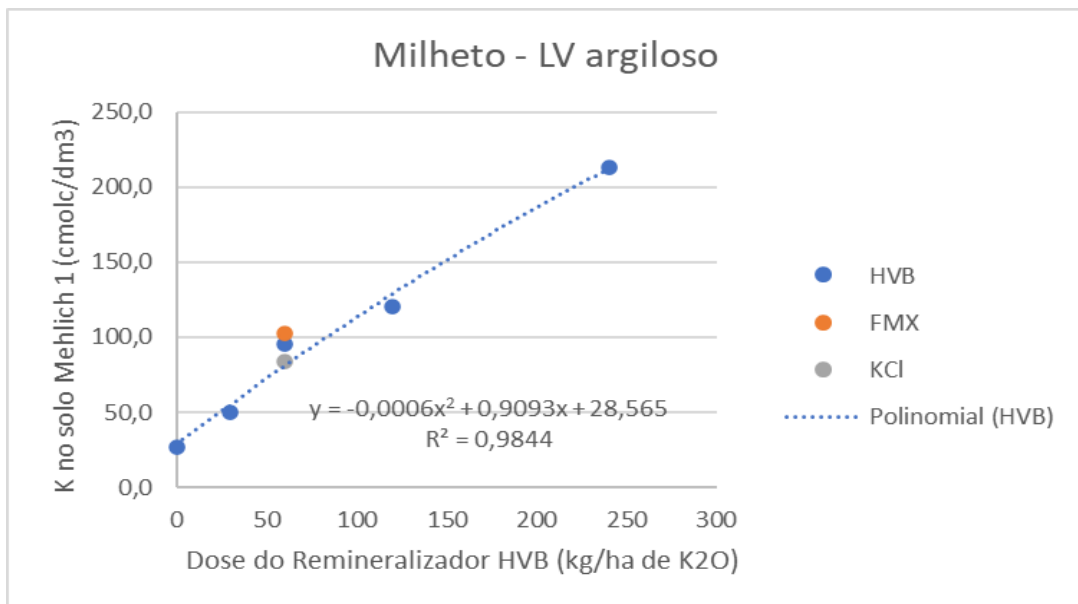
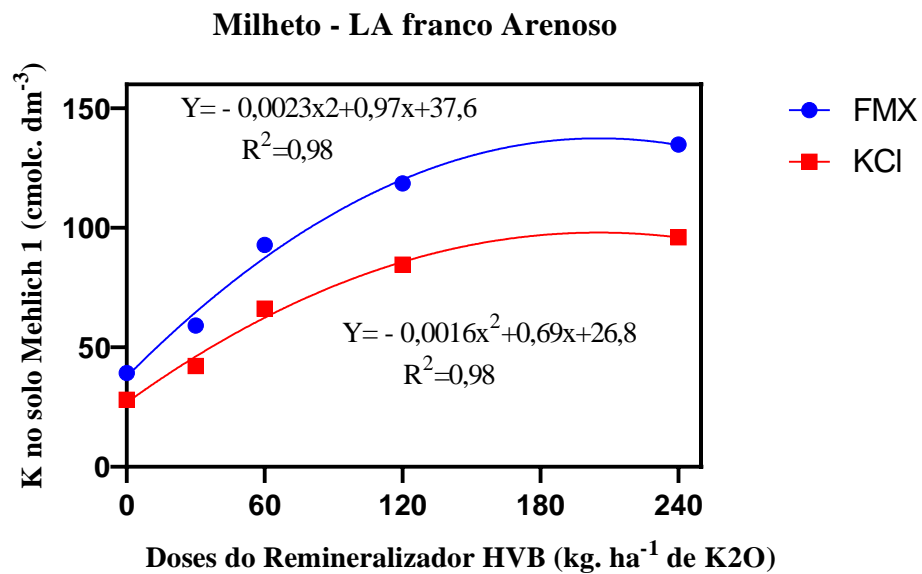


Figura 2 - Teor de K no solo (Mehlich 1) de plantas de milho em função de doses do remineralizador HVB-K nos solos LA (franco argiloso) e LV (argiloso). UFG, Goiânia, GO.

As produtividades do milho (Tabela 9) apresentaram diferenças significativas pelo teste F no LA (4,10) e no LV (5,91) com coeficientes de variação muito baixos (menor que 11%). O milho produziu biomassa seca entre 10,2 a 14,7 ton. ha⁻¹, destacando-se o tratamento 60R que obteve as maiores produtividades sendo significativamente superior aos padrões (60FMX e 60KCl) no LA (Tabela 9). Produtividades de 4,2 a 16,8 ton. ha⁻¹ de Biomassa seca foram obtidas no LV sendo a maior produtividade obtida no 240R, único tratamento que se diferenciou da testemunha. As produtividades de biomassa ajustadas às doses do remineralizador HVB-K são apresentados nas Figuras 3.

Tabela 9 - Produtividade de biomassa seca de milho em dois solos submetidos a doses crescentes de Remineralizador HVB e fontes de K de referência (FMX e KCl). Goiânia, GO

Trat	Bio Milheto ton. ha ⁻¹	Teste Tukey ⁽¹⁾	Trat	Bio Milheto ton. ha ⁻¹	Teste Tukey
Solo LA	Franco	Arenoso	Solo LV	Argiloso	
0R	12,4	ab	0R	4,2	b
30R	13,2	ab	30R	8,4	ab
60R	14,7	a	60R	9,2	ab
120R	10,2	b	120R	10,1	ab
240R	11,8	ab	240R	16,8	a
60fmx	11,2	b	60fmx	12,2	ab
60kcl	10,7	b	60kcl	11,3	ab
Teste F	4,10	**	Teste F	5,91	**
CV	10,88	%	CV	10,64	%

(1) Médias seguidas de mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. ** e * representa significativo a 1% e 5% respectivamente na análise de variância (teste F).

Verifica-se que houve ajuste numa regressão polinomial do 2º grau em ambos os solos, apesar do baixo coeficiente de regressão no LA ($R^2=0,20$). As doses crescentes proporcionaram aumentos na biomassa de milho até 240 kg. ha⁻¹ K₂O do HVB no LV que coeficiente de regressão elevado ($R^2=0,93$).

No caso do solo LA as fontes de K de referência (FMX e KCl) ficaram abaixo da equação polinomial e no caso do LV acima. Crusciol & Soratto (2009) verificaram produção de matéria seca de milho muito semelhante (14,8 ton. ha⁻¹). As produções maiores produções de biomassa foram maiores no LA do que LR e estão próximos as obtidas para ensaios por Menezes & Leandro (2004); Pacheco et al (2011); Soratto et (2014) e Crusciol & Soratto (2009).

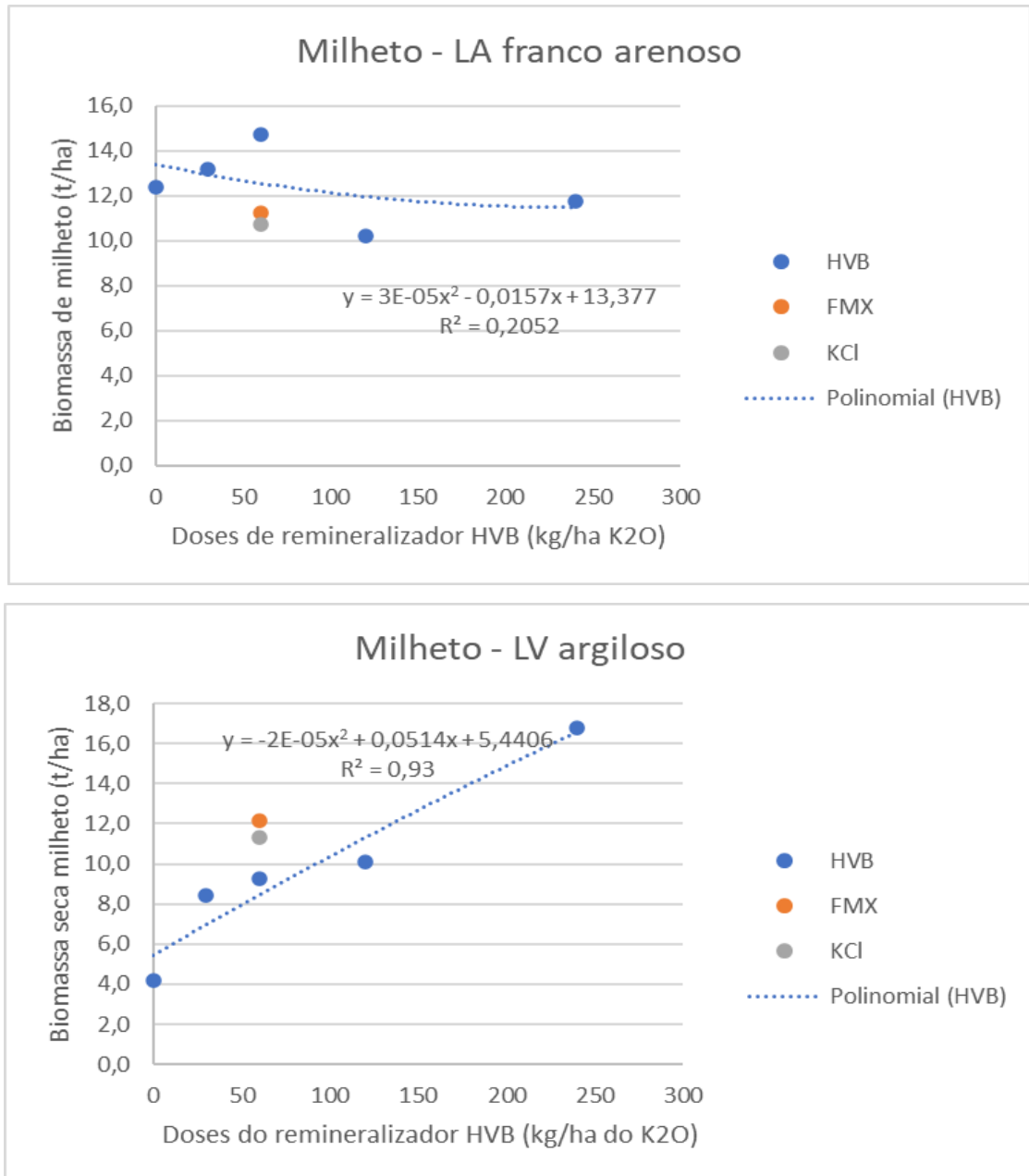


Figura 3 - Produção de biomassa de plantas de milho em função de doses do remineralizador HVB-K nos solos LA (franco arenoso) e LV (argiloso). UFG, Goiânia, GO.

Após incorporação ao solo, remineralizador HVB passa a sofrer alterações químicas e físicas que influenciam sua capacidade de disponibilizar nutrientes em especial o K. Os solos devido às suas características e propriedades particulares apresentaram respostas na produtividade de milho singulares sendo mais responsivos nas produtividades o solo LV mais argiloso que o LA franco arenoso já no primeiro cultivo após a aplicação.

Considerando que a maioria dos minerais que constituem os remineralizadores apresenta baixa solubilidade em água e liberação gradual dos nutrientes observa-se que mesmo

apresentando respostas nos teores foliares e nos de K disponível no solo as respostas no milho na biomassa foram menos nítidas. Possivelmente a solubilização no primeiro ano de cultivo não foi no tempo necessário para as respostas na produtividade da cultura. Tal resposta só foi possível na maior dose 240 kg. ha⁻¹ de HVB no solo LV. As produtividades na dose 60 kg. ha⁻¹ de K₂O não apresentaram diferenças significativas na produtividade em relação aos padrões de referência (KCl e FMX). Possivelmente no LA mesmo tendo liberação gradual as perdas por lixiviação não proporcionaram efeitos na produtividade. As produtividades altas na testemunha no LA também contribuíram para os dados inconclusivos na produtividade neste solo, mesmo com as respostas do remineralizador HVB no solo e folhas de milho.

3.3.2 Soja

Nas Tabelas 10 a 13 e Figuras de 4 a 6 são apresentados os efeitos das doses do remineralizador HVB-K nas variáveis estudadas nas plantas de soja em sucessão ao milho nos solos LA e LV.

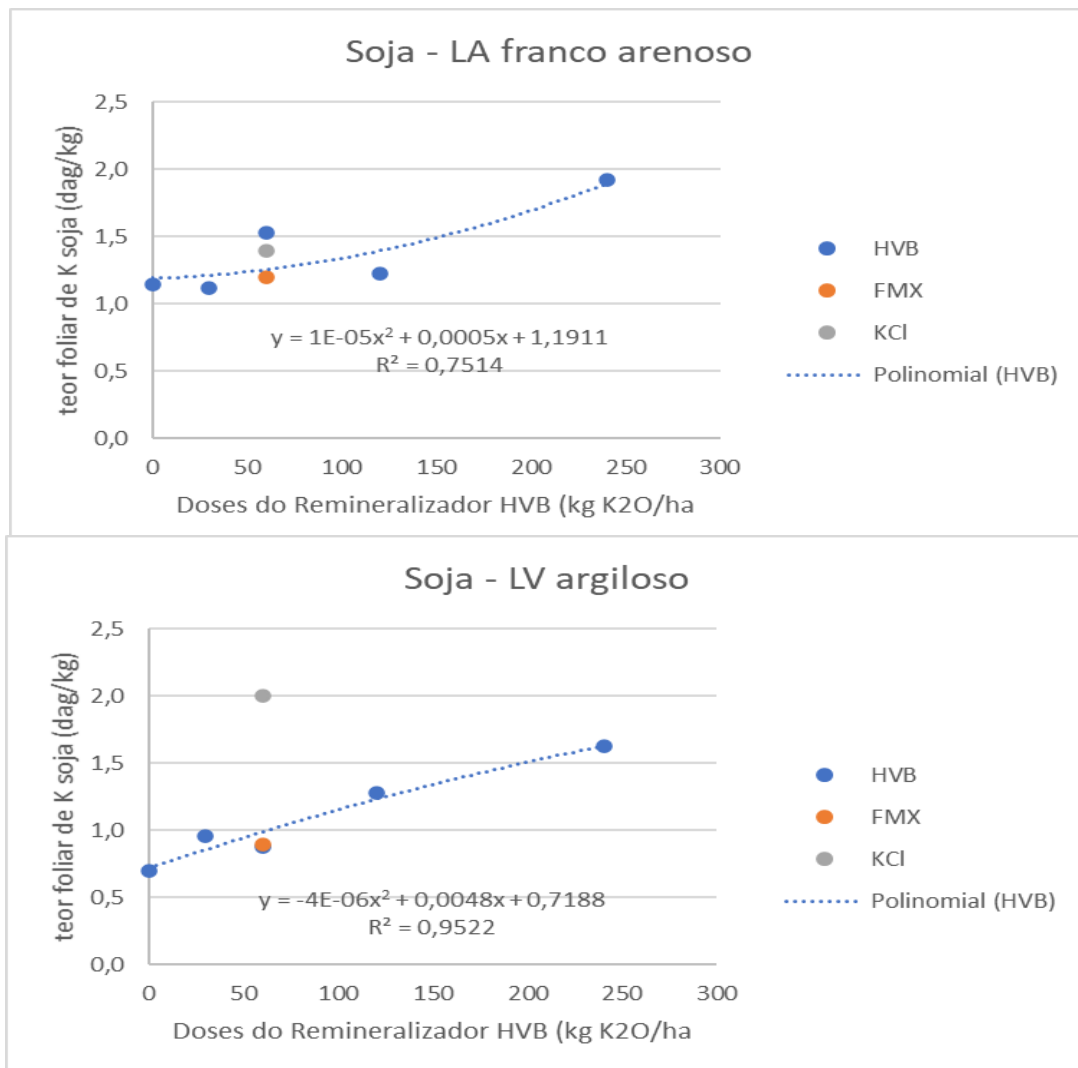
Houve efeito significativo com valores muito elevados no teste F (52,53 e 73,07 respectivamente para o solo LA e LV) e baixos valores de CV (menor que 10%). Os maiores valores foram encontrados para o 240R no LA e 240R e 60 KCl no LV. São considerados teores de K adequados os teores de 1,8 a 2,5 dag. kg⁻¹ segundo Embrapa (2020).

Nos teores de K foliares de soja em decagrama por kilo de biomassa (Figura 4) as doses do remineralizador HVB-K se ajustaram numa regressão polinomial do 2º grau e proporcionaram incrementos no teor de K foliar até a dose de 240 kg. ha⁻¹ no LV e LA. Houve correspondência dos teores foliares de K com o teor do FMX para ambos os solos e com o KCl no LA. Os teores foliares de K da soja estão próximos as obtidas para ensaio foram próximos aos níveis referidos como adequados por Rajj et al. (1997) (1,7 a 2,5 dag. kg⁻¹), Ribeiro et al., 1999 (1,7 dag. kg⁻¹) e Embrapa, 2020 (1,8 a 2,5 dag. kg⁻¹). É importante destacar que esses critérios de interpretações são para soja em campo e há uma variabilidade de teores e de interpretação conforme vários fatores e entre eles as condições de cultivo e cultivares (Fontes, 2016).

Tabela 10 – Médias dos teores de K nas folhas de soja em dois solos submetidos a doses crescentes de Remineralizador HVB e fontes de K de referência. Goiânia, GO

Trat	K foliar dag. kg ⁻¹	Teste Tukey ⁽¹⁾	Trat	K foliar dag. kg ⁻¹	Teste Tukey
Solo LA	Franco	arenoso	Solo LV	Argiloso	
0R	1,2	d	0R	0,7	c
30R	1,1	d	30R	1,0	bc
60R	1,5	b	60R	0,9	bc
120R	1,2	cd	120R	1,3	ab
240R	1,9	a	240R	1,6	a
60fmx	1,2	cb	60fmx	0,9	bc
60kcl	1,4	bc	60kcl	2,0	a
Teste F	52,53	**	Teste F	73,07	**
CV	5,84		CV	9,37	%

(1) Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. ** e * representa significativo a 1% e 5% respectivamente na análise de variância (teste F).



Cap. 3 Figura 4 - Teor de K foliar em plantas de soja em função das doses do remineralizador HVB-K nos solos LA (franco arenoso) e LV (argiloso) em comparação com FMX e KCl na dose de 60kg. ha⁻¹ de K₂O. UFG, Goiânia, GO.

O K no solo extraído pelo Mehlich 1 (Tabela 11 e Figura 5) apresentaram diferenças significativas quanto aos tratamentos (Testes F de 31,75 e 8,88 respectivamente para o solo LA e LV). Os teores de K situaram-se entre 21,8 a 77,8 mg. dm⁻³ no solo LA e de 69,8 a 103,8 mg. dm⁻³ no LV. Comparando com os teores de K no solo no milho verifica-se um decréscimo nos teores do 1º para o 2º cultivo.

Tabela 11– Médias dos teores de K no solo em dois solos submetidos a doses crescentes de Remineralizador HVB e fontes de K de referência. Goiânia, GO

Tabela Trat	Teor K mg. dm ⁻³	Teste Tukey ⁽¹⁾	Tabela Trat	Teor mg. dm ⁻³	Teste Tukey
Solo LA	Franco	arenoso	Solo LV	Argiloso	
0R	21,8	c	0R	69,8	b
30R	32,8	c	30R	87,5	ab
60R	51,5	b	60R	81,3	ab
120R	65,8	ab	120R	103,8	a
240R	74,8	a	240R	85,3	ab
60fmx	55,5	b	60fmx	77,2	ab
60kcl	77,8	a	60kcl	72,2	b
Teste F	31,75	**	Teste F	8,88	**
CV	13,70	%	CV	11,23	%

(1) Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. ** e * representa significativo a 1% e 5% respectivamente na análise de variância (teste F).

Quanto aos ajustes polinomiais dos teores de K no solo (Figura 5), as doses do remineralizador HVB-K se ajustaram numa regressão polinomial do 2º e proporcionaram incrementos nos teores de K do solo até a dose de 180 kg. ha⁻¹ do LA e 140 kg. ha⁻¹ de K₂O no LV indicando novamente que em ambos os solos a liberação do K do micaxisto para o sistema solo-planta.

Em relação às fontes referenciais de K (FMX e KCl) na mesma dose (60kg. ha⁻¹ de K₂O) o FMX não apresentaram diferenças significativas quanto ao teor de K no solo. O mesmo ocorreu com o KCl no solo LV. Tais resultados demonstram o potencial de registro do HVB. Verifica-se em relação aos padrões de Souza e Lobato (2004) que os teores de K no solo estão em níveis abaixo dos adequados (menor que 31 mg. dm⁻³ no LA) na testemunha (0R) no LA. No solo LV os níveis considerados adequados são de 50 a 80 mg. dm⁻³ de K e todos os tratamentos apresentaram teores considerados adequados (inclusive a testemunha). Verifica-se que as fontes testadas aumentaram a disponibilidade de K. Ribeiro et al. (2010) relataram com o uso de rochas ultramáficas alcalina e brechas piroclástica efeito positivo com altas concentrações de K trocável no solo com adições de altas dosagens.

Nos teores de K no solo (Figura 5) foram considerados adequados em relação aos padrões de Souza e Lobato (2004) e C.F.S.G (1988) que os teores de K no solo estão em níveis

médios a altos indicando solubilização das fontes. 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 180 e 140 kg. ha⁻¹ de K₂O (respectivamente para o LA e LV). Verifica-se em relação aos padrões de Souza e Lobato (2004) e C.F.S.G (1988) que os teores de K no solo estão em níveis médios a altos nas dosagens acima de 60 kg. ha⁻¹ de K₂O de indicando solubilização das fontes.

Não há uma explicação para o aumento do teor de K na testemunha de 26,5 para 69,8 mg. dm⁻³ do cultivo do milho para a soja. Uma hipótese seria a ação das raízes de milho que disponibilizaram o K não trocável para K trocável no solo neste tratamento.

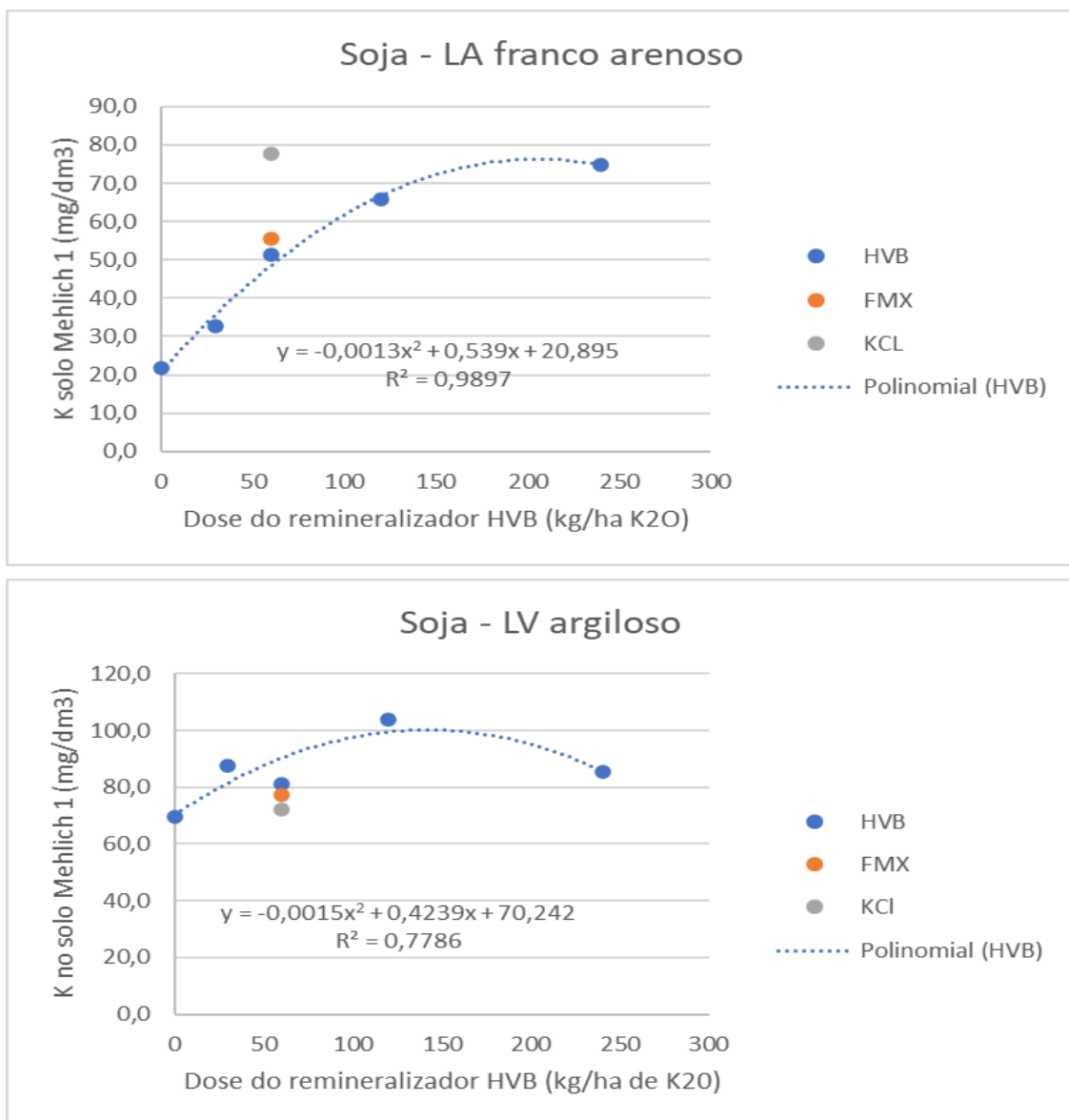


Figura 5 - Teor de K no solo extraído pelo Mehlich 1 cultivado com plantas de soja em função das doses do remineralizador HVB-K nos solos LA (franco arenoso) e LV (argiloso)) em comparação com FMX e KCl na dose de 60 kg. ha⁻¹ de K₂O. UFG, Goiânia, GO.

Houve efeito significativo com valores no teste F de 5,34 e 8,08 respectivamente para o solo LA e LV e baixos valores de CV (menor que 12%). Verifica-se na Figura 6 que 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 180 kg ha⁻¹ de K₂O no LA e 140 kg ha⁻¹ de K₂O no solo LV. As produtividades médias de 40 a 60 sacos por hectares estão próximas às médias do Estado de Goiás e do Brasil segundo Conab (2020) para a safra 2019/20.

As doses de 60 kg. ha⁻¹ de K₂O das fontes padrões testadas (FMX e KCl) não apresentaram diferenças das produtividades do HVB nas mesmas doses indicando o potencial de registro do HVB como remineralizador.

Tabela 12 – Produtividade de soja (sc. ha⁻¹) em dois solos submetidos a doses crescentes de Remineralizador HVB e fontes de K de referência (FMX e KCl). Goiânia, GO

Trat	Prod Soja sc. ha ⁻¹	Teste Tukey ⁽¹⁾	Trat	Prod Soja sc. ha ⁻¹	Teste Tukey
Solo LA	Franco	arenoso	Solo LV	Argiloso	
0R	38,8	bc	0R	38,0	b
30R	38,4	bc	30R	48,8	b
60R	39,1	bc	60R	46,6	b
120R	50,7	a	120R	65,4	a
240R	47,9	abc	240R	48,1	b
60fmx	40,7	bc	60fmx	42,2	b
60kcl	35,8	c	60kcl	48,2	b
Teste F	5,34	*	Teste F	8,08	**
CV	11,23	%	CV	11,74	%

(1) Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. ** e * representa significativo a 1% e 5% respectivamente na análise de variância (teste F).

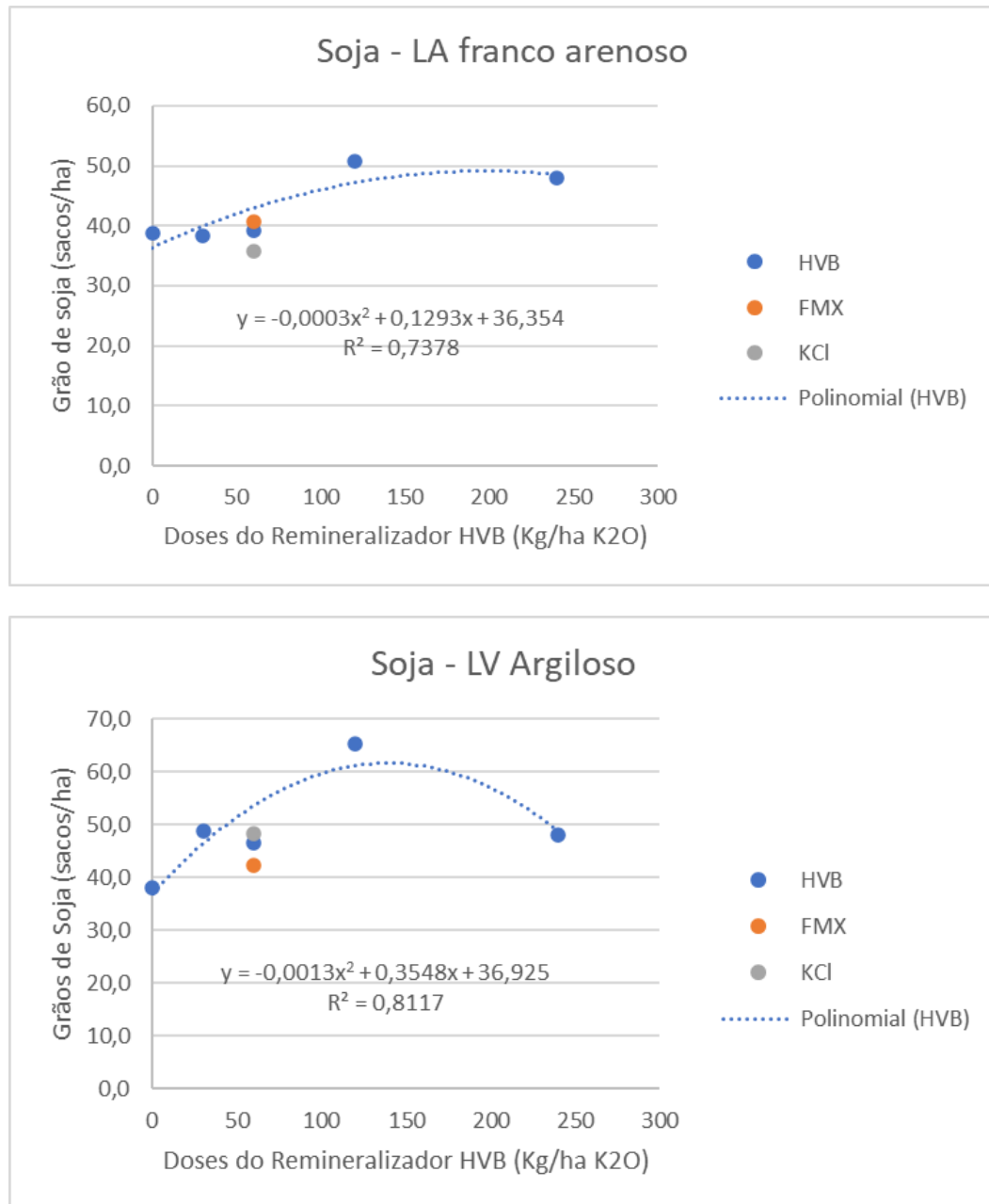


Figura 6 - Produtividade de grãos (em sacos por hectare) de soja em função das doses do remineralizador HVB-K nos solos LA (franco arenoso) e LV (argiloso) em comparação com FMX e KCl na dose de 60 kg. ha⁻¹ de K₂O. UFG, Goiânia, GO.

Em relação à testemunha não houve diferenças significativas dos tratamentos em ambos os solos na produtividade de soja. Bernardi et al. (2009) relatou que nem sempre há resposta positivas em adubação potássica, inclusive em solos com baixos teores trocáveis desse nutriente ou ela tem sido relativamente pequena como os dados do nosso trabalho. Trabalhos de Mascarenhas et al. (1981), Palhano et al. (1983), Borkert et al. (1997a), Borkert et al. (1997b) corroboram esses resultados. Nesse sentido, Rosolem et al. (1988) concluíram que, além do potássio trocável, existem outras formas do nutriente no solo, que podem ser liberadas durante o ciclo da cultura.

O micaxisto é uma rocha metamórfica composta, basicamente, por mica, quartzo e minerais acessórios (Pádua, 2012). Apresenta K_2O 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 oligoclásio (25,83%), Muscovita (22,13%); Biotita (14,55%), Clorita (11,35%) entre outros com 50% com granulometria menor que 0,3 mm o remineralizador tem alto potencial de disponibilizar K para os agroecossistemas.

No milho e na soja os dados obtidos em ambos os solos 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 e produtividades da soja em magnitudes e doses que variam com o solo avaliado.

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.

3.4 CONCLUSÕES

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

O remineralizador HVB-K aumentou os teores de K foliar de forma semelhante ao remineralizador FMX nas culturas testadas e em ambos os solos. No solo LA inclusive foi semelhante ao KCl.

O remineralizador HVB-K aumentou os teores de K no solo de forma semelhante ao remineralizador FMX e o KCl nas culturas do milho e da soja em sucessão;

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.

No solo LA a produção de biomassa de milho o remineralizador HVB-K na dose

de 60 kg. ha⁻¹ de K₂O foram superiores ao FMX e KCl. No solo argiloso foi necessárias doses maiores do HVB-K no primeiro ano de cultivo para obter produtividades similares ao FMX e KCl

O produto HVB-K pode ser empregado como remineralizador na cultura do milho e da soja, com viabilidade e eficiência agrônômica.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. 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.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Lei/L12890.htm>. Acesso em: 1 jun. 2020.

BORKERT, C. M.; FARIAS, J. R. B.; SFREDO, G. J.; TUTIDA, F.; SPOLADORI, C. L. **Resposta da soja à adubação e disponibilidade de potássio em latossolo roxo álico.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 32, n. 11, p. 1119-1129, nov. 1997a.

BORKERT, C. M.; FARIAS, J. R. B.; SFREDO, G. J.; TUTIDA, F.; SPOLADORI, C. L. al. **Resposta da soja à adubação e disponibilidade de potássio em latossolo roxo distrófico.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 32, n. 12, p. 1235-1249, dez. 1997b.

CARMO, C. A. F. S.; ARAUJO, W. S. de; BERNARDI, A. C. C.; SALDANHA, M. F. C.. **Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na Embrapa Solos.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. (Circular técnica, 6).

COMISSÃO DE CORRETIVOS E FERTILIZANTES DO ESTADO DE GOIÁS. Recomendação de corretivos e fertilizantes para o Estado de Goiás. Goiânia: UFG, 1988.

COMPANHIA DE PESQUISA EM RECURSOS MINERIAS. **Zoneamento agrogeológico do Brasil.** Disponível em: < <http://www.cprm.gov.br/impressa/pdf/zag181205.pdf>>. Acesso em 10 jun. 2020.

CRUSCIOL, C.A.C.; COTTICA, R.L.; LIMA, E.V.; ANDREOTTI, M.; MORO, E.; MARCON, E. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.40, p.161-168, 2005.

CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R.P. Nutrição e produtividade do amendoim em sucessão ao cultivo de plantas de cobertura no sistema plantio direto. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.42, p.1553-1560, 2007

DUARTE, I. V.; SOUSA, R. T. X. de.; KORNDORFER, G. H.; FONTOURA, P. R.; SOARES, R. A. **Biotita: fonte de potássio para a agricultura.** Supplement 1- XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Uberlândia, v.28, n.1, p.98-103. Disponível em: < <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/13241>>. Acesso em 20 jun. 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA-SOLOS. Centro

Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análise de solo / Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997. 212p. : il. (EMBRAPA-CNPS. Documentos; 1)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Protocolo para avaliação da eficiência agrônômica de remineralizadores de solo – primeira versão.** Disponível em:< <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/registro-estab-e-prod/registro-produtos/protocolo-remineralizadores-30-01-19.pdf>.> Acesso em 05 jun. 2020.

EMBRAPA 2020 – Embrapa soja -Tecnologias de Produção de Soja / Claudine Dinali Santos Seixas... [et al.] editores técnicos. – Londrina : Embrapa Soja, 2020. 347 p. - (Sistemas de Produção / Embrapa Soja, ISSN 2176-2902 ; n. 17). <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1123928/1/SP-17-2020-online.pdf>

FOLONI, J. S. S.; ROSOLEM, C. A. Produtividade e acúmulo de potássio na soja em função da antecipação da adubação potássica no sistema plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 32, n. 4, p.1549- 1561, 2008. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). Guide to efficient plant nutrition management. Rome: FAO, 1998.

LOPES, A. S. **Manual de fertilidade do solo.** São Paulo. ANDA, 1989, p. 49-89. Cap 3-5.

GUELFILVA SILVA, D. R. **Caracterização e avaliação agrônômica de rocha silicática com potencial de uso como fontes alternativas de nutrientes e corretivos de acidez do solo.** 2012. Tese (doutorado em agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – Universidade de Brasília, Brasília, 2012. Disponível em:< https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/11746/1/2012_DouglasRamosGuelfiSilva.pdf.> Acesso em: 20 jan. 2021.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de, *Avaliação nutricional das plantas: princípios e aplicações.* 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa de Potassa e do Fosfato, 1997.

MALAVOLTA, E. e KLIEMANN, H. J. **Desordens nutricionais no cerrado.** Piracicaba. POTAFOS, 1985, 136 p.

MALAVOLTA, E. **Elementos da nutrição mineral de plantas.** São Paulo. Agrônômica Ceres, 1980. 252 p.

MASCARENHAS, H. A. A. et al. Adubação potássica na produção de soja, nos teores de potássio nas folhas e na disponibilidade de potássio em latossolo roxo distrófico de Cerrado. Bragantia, Campinas, v. 40, n. 1, p. 125-134, ago. 1981.

MENEZES. L.A.S, e LEANDRO, W.M. **Avaliação de espécies de coberturas do solo com potencial de uso em sistema de plantio direto.** Pesquisa Agropecuária Tropical, 34 (3): 173-180, 2004.

NETO, A. E. F.; VALE, F. R.; RESENDE, A. V.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo.** Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252 p.

PACHECO, L.P.; LEANDRO, W.M.; MACHADO, P.L.O.A ; ASSIS, R.L; COBUCCI, T. MADARI. B.E e PETTER, F.A. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.46, n.1, p.17-25, jan. 2011.

PÁDUA, E. J. de. **Rochagem como adubação complementar para culturas oleaginosas**, Lavras : UFLA, Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2012. 91 p.

PALHANO, J. B.; MUZILLI, O.; IGUE, K.; GARCIA, A.; SFREDO, G. J. **Adubação fosfatada e potássica em culturas de soja no Estado do Paraná**. *Pesq. Agropec. Bras.*, Goiânia, 1983. v.18, n.4. Disponível em:< <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/15241>.> Acesso em: 16 jan. 2021.

RABOBANK. Importação em 2020 deve ser 3% menor que em 2019, a 28,6 milhões de toneladas. **UDOP**, Araçatuba, 16 jun. 2020. Disponível em:< <https://www.udop.com.br/noticia/2020/06/19/fertilizantes-rabobank-importacao-em-2020-deve-ser-3-menor-que-em-2019-a-28-6-milhoes-de-toneladas.html>.> Acesso em 14 set. 2020.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba, International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.

REIS, D. N. **Mineralogia, química, eficiência agrônômica e tecnológica de solubilização de agrominerais fontes de potássio**. Disponível em:< http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/10660/1/TESE_Mineralogia%2C%20qu%2C%20m%2C%20efici%2C%20agron%2C%20m%20e%20tecnologias%20de%20solubiliza%2C%20a%20de%20agrominerais%20fontes%20de%20pot%2C%20a%20ssio.pdf.> Acesso 30 jun. 2020.

RIBEIRO, L. S. da S.; SANTOS, A. R. dos.; SOUZA, L. F. da SILVA.; SOUZA, J. S. Rochas silicáticas portadora de potássio como fonte do nutriente para as plantas. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, vol. 34, nº 3, 2010. Disponível em:< https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832010000300030.> Acesso em 20 jun. 2020.

RONQUIN, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo em manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas, SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. 26 p.

ROSOLEM, C. A ; MACHADO, J. R; RIBEIRO, D. B. O. **Formas de potássio no solo e nutrição potássica da soja**. *Rev. Bras. De Ciênc. do solo*, Viçosa, vol. 12, n. 2, 1988. p 121-125.

SILVA, E. D. B. da. Estimando a produtividade na cultura da soja. Disponível em:< [http://www.pioneersementes.com.br/blog/46/estimando-a-produtividade-na-cultura-da-soja#:~:text=Peso%20de%20mil%20gr%2C%20a%20170%20gramas](http://www.pioneersementes.com.br/blog/46/estimando-a-produtividade-na-cultura-da-soja#:~:text=Peso%20de%20mil%20gr%2C%20a%20170%20gramas.).> Acesso em 8 jun. 2020.

SOUZA, D. M. G de.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnologia, 2004. 416p.

THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H. Rochagem:uma questão de soberania nacional. In: Congresso Brasileiro de Geoquímica. nº 3, 2011. Gramado. **III Simpósio de geoquímica dos**

países do Mercosul. Disponível em:<
<https://www.embrapa.br/documents/1354346/26325871/Livro+Congresso+de+rochagem+Formato+Web.pdf/29be78a9-dd7a-8050-5b31-2b02c583589e>.> Acesso em 01 jun. 2020.

THEODORO, S. H. LEONARDOS, O. H.; REGO, K. G.; MEDEIROS, F. de PAULA.; TALINI, N. L.; SANTOS, F.; OLIVEIRA, N. Efeito do uso da técnica de rochagem associado à adubação orgânica em solos tropicais. In: Congresso Brasileiro de Rochagem, nº 2, 2013. Poços de Caldas. **Anais do II Congresso Brasileiro de Rochagem**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2013. 399 p.

ZÖRB, C.; SENBAYRAM, M.; PEITER, E. Potassium in agriculture-status and perspectives. *Journal of Plant Physiology*, London, vol. 171, issue 9, p. 656-669. 2013. Disponível em:<
https://www.researchgate.net/profile/Mehmet_Senbayram/publication/258059327_Potassium_in_agriculture_-_Status_and_perspectives/links/5bbc5e96a6fdcc9552dcb055/Potassium-in-agriculture-Status-and-perspectives.pdf.> Acesso em: 20 jun. 2020.

4. EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE REMINERALIZADOR HVB DE MICAXISTO NA SUCESSÃO MILHETO, SOJA E ARROZ EM DOIS SOLOS DE CERRADO GOIANO.

RESUMO

A extensão geográfica aliada às condições climáticas e relevo tornam o Brasil um dos maiores produtores e exportadores de alimentos do mundo. Para obtenção de altos índices de produtividade e apresentar produções diversificadas o uso de fertilizantes são essenciais. As importações tornaram o país dependente de insumos agrícolas, dentre eles o Cloreto de Potássio que representa 90% das importações. No intuito de reduzir essa dependência, reduzir custos de produção e melhorar os índices de fertilidade do solo tem-se estudado o uso de remineralizadores ou agrominerais como fontes alternativas de potássio. O micaxisto é uma rocha metamórfica composta, de geologia do Grupo Araxá, apresenta K_2O em sua composição, com potencial de aplicação direta ao solo, o produto em estudo é denominado HBV. 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 (LV) e um Latossolo Vermelho Amarelo de textura franco arenosa (LA). Os tratamentos foram doses crescentes do remineralizador KVB (0, 30, 60, 120 e 240 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O) em referência dois produtos: um remineralizador registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento o FMX e fonte solúvel o cloreto de potássio (KCl). Ambas as fontes de referência foram na dose de 60 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O . Foram avaliadas as produtividades das três culturas em sucessão e da produtividade acumulada foi calculado o Índice relativo do remineralizador HBV em relação aos padrões. As doses do HVB influenciaram na produtividade das três culturas. O remineralizador HBV-K apresentou viabilidade técnica como fonte de K avaliado pela Eficiência Relativa das produtividades acumuladas. Nos solos LA e LV a equivalência em relação a referência KCl foi de 100 e 63 $kg\ K_2O\ ha^{-1}$ de HVB respectivamente. Para o padrão de referência FMX os valores de equivalência foram de 70 e 80 $kg\ K_2O\ ha^{-1}$ respectivamente para o solo LA e LV. Doses que deixam o produto HVB com alto potencial de uso na agricultura.

Palavras chaves: Fertilização potássica, Solos de Cerrado, Rochagem

AGRONOMIC EFFICIENCY OF HVB MICA-SCHIST REMINERALIZER IN THE MILLET, SOY AND RICE SUCCESSION IN TWO SOILS OF CERRADO GOIANO.

ABSTRACT

The geographical extension combined with the climatic conditions and relief make Brazil one of the largest producers and exporters of food in the world. To obtain high levels of productivity and to present diversified productions, the use of fertilizers is essential. Imports made the country dependent on agricultural inputs, including Potassium Chloride, which represents 90% of imports. In order to reduce this dependency, reduce production costs and improve soil fertility rates, the use of remineralizers or agrominerals as alternative sources of potassium has been studied. Mica schist is a metamorphic rock composed of the Araxá Group's geology, with K_2O in its composition, with potential for direct application to the soil, the product under study

is called HBV. The study was carried out at the School of Agronomy of the Federal University of Goiás, located in the municipality of Goiânia, Goiás, in a greenhouse on two soils: Dystrophic Red Latosol with clay texture (LV) and a Red Yellow Latosol with sandy loam texture (LA). The treatments were increasing doses of the KVB remineralizer (0, 30, 60, 120 and 240 kg ha⁻¹ of K₂O) in reference to two products: a remineralizer registered with the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply, FMX and soluble source potassium chloride (KCl). Both reference sources were at a dose of 60 kg ha⁻¹ of K₂O. The productivity of the three crops in succession was evaluated and the accumulated productivity was calculated the relative index of the HBV remineralizer in relation to the standards. The doses of HVB influenced the productivity of the three cultures. The HBV-K remineralizer showed technical feasibility as a source of K evaluated by the Relative Efficiency of accumulated productivity. In LA and LV soils, the equivalence in relation to the KCl reference was 100 and 63 kg K₂O.ha⁻¹ of HVB respectively. For the FMX reference standard, the equivalence values were 70 and 80 kg K₂O .ha⁻¹ for LA and LV soil, respectively. Doses that leave the HVB product with high potential for use in agriculture.

Key words: Potassium fertilization, savannah soil, rock fertilization

4.1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos principais produtores de alimentos de mundo, ressalta-se a grande capacidade de exportação de produtos alimentícios a vários países do globo. Sua extensão geográfica é um benefício que poucos países apresentam. A produção de alimentos abrange todo o território e ao longo de todo o ano, sendo que as condições climáticas é um grande fator que beneficia à produção de agropecuária. Verifica-se ainda, que além da diversidade climática, diversidade de solos, relevo, água, fotoperíodos e entre outros processos, são favoráveis ao desenvolvimento cultural.

Dos mais de 360 milhões de hectares existentes no país, apenas 8% são utilizados (cerca de 30 milhões de hectares) na produção de alimentos voltados para a população brasileira e mundial. Ressalta-se que as dimensões territoriais do país possam atingir aumento da produção de pastagens, no tocante da produção de bovinos de corte e leite como a produção de grãos. A produção de grãos para a safra 2020/2021, conforme os dados da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2020), serão de 257,8 milhões de toneladas, volume 4,5% ou 11 toneladas superior à safra 2019/2020 e aumento de 4,2% em área.

As conquistas expressivas no campo da produção, seja em grãos, frutas, carne, leite e outros, se devem aos grandes avanços tecnológicos obtidos no campo. Avanços ligados á genética, tecnologia de aplicação de insumos e defensivos, tecnologia de informação, uso de agricultura de precisão, melhoramentos no uso do solo e de práticas conservacionistas foram essenciais para a obtenção de recordes de produção da agricultura e pecuária brasileira. De

acordo com a Associação Brasileira do Agronegócio (2020), o agronegócio brasileiro obtém seus recordes seguidos na produção de alimentos com suas convicções ligadas à ciência e inovação no campo.

A cada recorde obtido na produção agropecuária o Brasil precisa adquirir insumos agrícolas, que em sua maioria são importados. Os usos de fertilizantes são essenciais para o rendimento em produtividade das culturas comerciais. 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 Cloreto de Potássio importado representa 90% da composição de nossos fertilizantes e um total, no primeiro semestre, na importação foi de 4,9 milhões de toneladas ou 21% o mais comparado ao ano de 2019 (Globalfert, 2020). A importação de insumos possibilita interferir nos preços finais dos produtos, devido às oscilações de valores ao longo do ano (Ribeiro, 2017). Para o ano de 2020 é esperado a aquisição de 29,6 milhões de toneladas de fertilizantes, motivados pela produção de soja e milho (Rabobank, 2020).

Produtores no intuito de reduzir os custos de produção têm buscado fontes alternativas que possam complementar a deficiência de algum nutriente. 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) (Theodoro & Leonardos, 2011). A composição química e mineralógica é essencial para escolha do melhor material a ser usado como remineralizadores (Luz *et al.*, 2009).

Todos os nutrientes necessários para o desenvolvimento e crescimento da planta são de origem mineral, mas a desagregação natural e alterações químicas não disponibilizam de forma suficiente os nutrientes às plantas (Luz *et al.*, 2009). As perdas por lixiviação e a disponibilidade de nutrientes de forma gradual são benefícios que os agrominerais podem proporcionar as culturas (Silveira 2016). No intuito de regularizar o uso e a comercialização de agrominerais a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária juntamente com o Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), enfatizaram que o produto é necessário apresentar as mínimas exigências como no mínimo de 9% de soma de bases (Sb), 1% de óxido de potássio (K₂O) e máximo de 25% de SiO₂, além que é necessário a comprovação da eficiência agronômica (BRASIL, 2016).

Neste contexto o objetivo do trabalho será o de avaliar a eficiência relativa da remineralização do solo com o remineralizador HBV-K oriundos de micaxisto na sucessão milheto, soja e arroz em comparação a um remineralizador FMX, registrado no MAPA, e fonte de K solúvel como o Cloreto de Potássio (KCl).

4.2 MATERIAL E METODOS

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⁻¹ argila), coletado na cidade de Santo Antônio de Goiás e Latossolo Amarelo (LAM) de textura média (170 g kg⁻¹ argila) coletado em Aparecida de Goiânia. A análise granulométrica completa e química do solo é apresentada 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 m³. A calagem foi realizada com calcário dolomítico com base no método de elevação da Saturação de Bases do Solo para 60% (Sousa e Lobato, 2004).

Cap. 4 Tabela 1 - Análise textural dos solos por densímetro utilizados no experimento em casa de vegetação. Goiânia, Go. 2020.

Solo	Argila	Silte	Areia
g kg ⁻¹			
Latossolo Amarelo	170	20	810
Latossolo Vermelho	480	90	430

Cap. 4 Tabela 2 - Resultados do teor de argila e análise química, pelo Método de Mehlich 1 e KCl, dos solos utilizados antes da instalação do ensaio. Goiânia. 2019. Ensaio em solo argiloso e franco arenoso. Goiânia, GO. 2020.

Solo	pH	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	V
	CaCl ₂	mg.dm ⁻³				cmol. dm ⁻³			%
Lat. Amarelo	6,3	0,3	34	1,3	0,3	1,2	0	2,9	58
Lat. Vermelho	4,7	0,3	24	1,6	0,5	2,3	0,3	4,5	49

O micaxisto é uma rocha metamórfica composta, basicamente, por mica, quartzo e minerais acessórios (epídoto, turmalina, ilmenita e magnetita, calcopirita, pirita e pirrotita), granulação fina a média, tonalidade cinza claro (Baetta Júnior, 2001). Apresenta K₂O 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 lentamente. Como a maior parte do HBV-K, conforme Tabela 3 apresenta e oligoclasio (25,83%), Muscovita (22,13%); Biotita (14,55%), Clorita (11,35%) entre outros com 50% com granulometria 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.



Figura 1- Micaxisto retirado na Mineradora BRITEC, Bela Vista de Goiás, 2020.

O remineralizador de Micaxisto, denominado de HBV-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) citado por Baetta Júnior (2001), como um conjunto de metamórficos essencialmente formados por micaxisto e quartzitos.

Para a caracterização do remineralizador, da pedreira Britec, foram retiradas dez amostras simples, da pilha de armazenamento, para compor uma amostra composta. A pilha foram divididas em dez partes iguais e homogeneizadas para formar uma amostra de 20 kg. A granulometria do remineralizador é descrita por Peneira nº 10 (2,00 mm) material passante de 100% m Peneira nº 20 (0,84 mm), material passante 100% e Peneira nº 50 (0,30 mm) com material passante de 96,2% e material menor que 0,30 mm (<0,30mm) com matéria passante de 3,8%.

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 granulometria apresentou característica petrográfica foi realizada por difratometria de raios-X da rocha de Micaxisto (RIETVELD,

1961) indicada na determinação das fases cristalinas presentes em materiais cerâmicos (Albers et al., 2002), e a análise petroquímica por fluorescência de raio-X, que apresenta de forma quantitativa e qualitativa a composição química do material em análise (Asfora, 2010), 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 ⁻¹)
Ilmenita	1,96
Muscovita	22,13
Clorita Clinocloro	11,35
Biotita	14,55
Quartzo	23,62
Oligoclásio	25,83

Amostras realizadas pelo Centro Regional de Tecnologia e Inovação (CRTI) da UFG, pelo método de difração de raio-x.

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

Óxidos	Descrição (dag. kg ⁻¹)
SiO ₂	57,68
TiO ₂	1,18
Al ₂ O ₃	17,65
Fe ₂ O ₃	8,3
MgO	3,87
CaO	2,09
Na ₂ O	2,21
K ₂ O	3,47
P ₂ O ₅	0,28
LOI	3,11
Total	99,85
Silício Total	28,8

Amostras realizadas pelo Centro Regional de Tecnologia e Inovação (CRTI) da UFG, pelo método de fluorescência de raio-X.

Os tratamentos empregados foram doses do HBV-K: Testemunha (sem a aplicação); 30 kg. ha⁻¹ de K₂O; 60 kg. ha⁻¹ de K₂O; 120 kg. ha⁻¹ de K₂O; 240 kg. ha⁻¹ de K₂O. Foram empregados também os tratamentos com fertilizantes potássicos de referência: 60 kg. ha⁻¹ de K₂O do remineralizador da rocha Araguaia (FMX) e 60 kg. ha⁻¹ de K₂O com cloreto de potássio (KCl). O FMX é um remineralizador registrado do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) também como micaxisto.

O trabalho foi conduzido em vasos de 9 L (0,009 m³), dispostos na casa de

vegetação da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, no município de Goiânia, GO, com temperaturas médias anuais variando de 29,8°C de máxima e 17,7°C de mínima. Depois de realizadas as adubações de macro e micronutrientes com superfosfato triplo e ureia, no dia 18 de setembro de 2019 foi feita a semeadura com 20 sementes por vaso de milho, desbastando para 10 plantas por vaso após a emergência. A adubação de plantio de P e N foi feita com base nos dados obtidos pela análise do solo e nas recomendações da C.F.S.G (1988). Foi aplicado o mesmo fator de correção (3x a doses indicada) explicado na descrição dos tratamentos. As doses aplicadas foram 100 mg. kg⁻¹ de N e 250 mg. kg⁻¹ de P₂O₅). Após a colheita do ensaio do milho, foi plantada a soja com os mesmos tratamentos. A cultivar de milho empregada foi a ADR 3000. O ensaio com o milho foi de 18 de setembro até dia 04 de novembro (colheita do milho).

Após a colheita do milho, foram reaplicados os tratamentos, realizada a adubação macro com fosfato monoamônico (MAP) e foi feita a semeadura no dia 13 de novembro com 10 sementes por vaso de soja, desbastando para 3 plantas por vaso. A adubação de plantio de P foi feita com base nos dados obtidos pela análise do solo e nas recomendações da C.F.S.G (1988). Devido ao fator de correção aplicado para os vasos de multiplicar por três as doses aplicadas, foram aplicadas três doses destas soluções. A cultivar de soja empregada foi a Brasmax Desafio RR – 8473 RSF. O ensaio da soja foi conduzido de 13 de novembro de 2019 a abril de 2020.

Após a colheita da soja, não foram reaplicados os tratamentos para avaliar o efeito residual, realizada a adubação macro com fosfato monoamônico (MAP) e KCl (no tratamento) e cobertura com uréia e foi feita a semeadura no dia 13 de novembro com 10 sementes por vaso de arroz, desbastando para 3 plantas por vaso. A adubação de plantio de P e KCl foi feita com base nos dados obtidos pela análise do solo e nas recomendações da C.F.S.G (1988). Devido ao fator de correção aplicado para os vasos de multiplicar por três as doses aplicadas, foram aplicadas três doses destas soluções. A cultivar de arroz empregado foi a BRSGO Serra Dourada. O ensaio da soja foi conduzido de 13 de novembro de 2019 a abril de 2020. Foi feito desbaste após a emergência das sementes. Foi realizado controle de pragas (percevejos e lagartas) com a catação manual tanto na soja como no milho em vistorias diárias das plantas em todos os vasos. Não houve problemas de doenças em ambas as culturas.

Com os dados de produtividades das três culturas foram calculadas o Índice Eficiência Relativa (ER%) das produtividades acumuladas conforme a equação 1, que corresponde ao quociente do rendimento obtidos com Remineralizador de HVB-K em relação as fontes de referência (KCl e FMX). Posteriormente plotou-se em função das doses

acumuladas nos três cultivos e foi verificado a dose equivalente para a ER de 100% aos padrões.

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

Os dados serão submetidos à análise de variância (ANOVA), 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^2) maior que 0,60.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de produção (kg. ha^{-1}) obtidos nas sucessões culturas são apresentadas nas Tabelas 5, 6 e 7 respectivamente para o milho, soja e arroz. Os dados obtidos foram significativos estatisticamente para as três culturas. Verifica-se os efeitos positivos das doses crescentes do HVB empregadas no milho, soja e arroz. As produções de milho obtidas estão próximas às obtidas por Menezes & Leandro (2004); Pacheco et al (2011); Costa et al. (2014) e Crusciol & Soratto (2009). Porém Crusciol & Soratto (2009) verificaram produção de matéria seca de milho de $14,8 \text{ ton. ha}^{-1}$. As maiores produções de biomassa de milho foram maiores no LA do que LV. De acordo com a Embrapa Soja (2017), a média de produtividade brasileira é de $3.362 \text{ kg. ha}^{-1}$ ($56 \text{ sacos. ha}^{-1}$), a média geral obtida no experimento como o remineralizador foi de $2.725 \text{ kg. ha}^{-1}$. Resultados semelhantes foram obtidos por Kruker (2019), em plantio em vasos, ambiente controlado, usando rochas fonolíticas e olivinas na cultura da soja com sucessão à trigo em Latossolo Bruno distrófico, observou que a liberação de K foi maior em solos tratados com agrominerais em relação à adubação mineral. De acordo com a Conab (2020) a produtividade média brasileira de arroz de sequeiro é de $2.421 \text{ kg. ha}^{-1}$, no experimento a produção média obtida foi de $1.858 \text{ kg. ha}^{-1}$. É importante destacar que não houve adubação com K para avaliar o efeito residual. Barbosa Filho et al. (2001) usando silicatos de cálcio em cultura de arroz de sequeiro em Latossolo Vermelho distrófico, obteve resposta positiva em relação a produção e acúmulo de silício na planta.

Tabela 5 – Produtividade de biomassa seca de milho em dois solos submetidos a doses crescentes de Remineralizador HVB e fontes de K de referência (FMX e KCl). Goiânia, GO

Trat	Bio Milheto kg. ha^{-1}	Teste Tukey ⁽¹⁾	Trat	Bio Milheto kg. ha^{-1}	Teste Tukey
Solo LA	Franco	Arenoso	Solo LV	Argiloso	

0R	12.400	ab	0R	4.200	b
30R	13.200	ab	30R	8.400	ab
60R	14.700	a	60R	9.200	ab
120R	10.200	b	120R	10.100	ab
240R	11.800	ab	240R	16.800	a
60fmx	11.200	b	60fmx	12.200	ab
60kcl	10.700	b	60kcl	11.300	ab
Teste F	4,10	**	Teste F	5,91	**
CV	10,88	%	CV	10,64	%

(1) Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. ** e * representa significativo a 1% e 5% respectivamente na análise de variância (teste F).

Os efeitos significativos apresentaram no LA incremento na produção de grãos de soja com as doses de 0, 120, 240 e FMX com melhor resposta em relação à fonte solúvel de K (Tabela 6). Diferentemente do LV com incremento da produção de grãos de soja com a dose de 120 kg de K₂O. ha⁻¹. Resende et al. (2012) sugere que os efeitos apresentados pelo remineralizador evidencia potencialidade em comparação a fonte solúvel de K ou pela aplicação crescente de doses do remineralizador. Souza et al. (2017), em estudo com remineralizadores de garimpo de esmeralda constituídos com rochas ultramáficas, biotita gnaisse e anfibólito em Neossolo Quartzarênico, constatou que os materiais são realmente fonte de K, mas os efeitos positivos podem estar relacionados a disponibilidade de outros nutrientes para a planta. Novais et al. (1991) citado por Souza et al. (2017), os efeitos de fornecimento de K por remineralizadores favorecem a absorção de outros nutrientes devido a um condicionamento nutricional favorável ao crescimento da planta.

Tabela 6 – Produtividade de soja (kg. ha⁻¹) em dois solos submetidos a doses crescentes de Remineralizador HVB e fontes de K de referência (FMX e KCl). Goiânia, GO

Trat	Prod Soja kg. ha ⁻¹	Teste Tukey ⁽¹⁾	Trat	Prod Soja kg. ha ⁻¹	Teste Tukey
Solo LA	Franco	Arenoso	Solo LV	Argiloso	
0R	2.328	bc	0R	2.280	B
30R	2.304	bc	30R	2.928	B
60R	2.346	bc	60R	2.796	B
120R	3.042	a	120R	3.924	A
240R	2.874	abc	240R	2.886	B
60fmx	2.442	bc	60fmx	2.532	B
60kcl	2.148	c	60kcl	2.892	B
Teste F	5,34	*	Teste F	8,08	**
CV	11,23	%	CV	11,74	%

(2) Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. ** e * representa significativo a 1% e 5% respectivamente na análise de variância (teste F).

A cultura do arroz em ambos os solos as maiores produtividades foram nos tratamentos 60R, 120R e 240R indicando efeito residual das aplicações do remineralizador HVB (Tabela 6). Apesar de sido cultivada sequencialmente a colheita da soja aspectos importante foram obtidos relacionados à produtividade do arroz. Barbosa Filho et al. (2001)

usando silicatos de cálcio em cultura de arroz de sequeiro em Latossolo Vermelho distrófico, obteve resposta positiva em relação a produção e acúmulo de silício na planta.

Na Tabela 6, evidencia a tese de Resende (2012) de que os remineralizadores apresentam potencialidade nutritiva. Verifica-se de forma positiva, que as doses crescentes do remineralizador empregadas no experimento surtiram efeito, independente de ser não significativo para a produção de grãos. Mesmo por não ter apresentado efeito significativo ante as doses crescente e ao material referencial foi proposto por Fageria (1999) citado por Farinelli et al. (2004) em trabalho com arroz de terras altas que de acordo com a análise de solo o teor de K for em torno de 1,3 mmolc. dm⁻³ não há resposta. Da mesma forma foi observado por Raji (2001) citado por Souza et al. (2017), que os melhores níveis adequados para a absorção de K encontra-se nos níveis de 0,08 e 0,21 cmol_c.dm⁻³. Para Barbosa Filho (1997) argumenta que de 80 a 93% do K que está contido na palha retorna ao solo, o mesmo é verificado por Veloso et al. (2009) que a grande acúmulo de K na palha, quando está é incorporada ao solo torna-se disponível a planta.

De acordo com a Tabela 7, as doses do remineralizador HVB-K proporcionaram um incremento na produção de arroz foi de 120 a 240 kg K₂O. ha⁻¹. Houve incremento de produção em relação ao KCl e FMX no LA. Em LV, as produções de arroz foi 120 a 240 kg K₂O. ha⁻¹ do HVB, porém não houve diferenças em relação ao FMX e KCl. A diferença entre os solos está na maior lixiviação de K no solo LA.

Tabela 7 – Produtividade de arroz em dois solos submetidos a doses crescentes de Remineralizador HVB e fontes de K de referência (FMX e KCl). Goiânia, GO

Trat.	Prod. Arroz kg. ha ⁻¹	Teste Tukey ⁽¹⁾	Trat.	Prod. Arroz kg. ha ⁻¹	Teste Tukey ⁽¹⁾
Solo LA	Franco	Arenoso	Solo LV	Argiloso	
0R	1445 b		0R	1896 c	
30R	1422 b		30R	2179 bc	
60R	1564 ab		60R	2240 ab	
120R	1743 a		120R	2618 a	
240R	1893 a		240R	2274 ab	
60fmx	1316 cb		60fmx	2278 ab	
60kcl	1150 c		60kcl	2007 bc	
Teste F	4,36	*	Teste F	10,17	**
CV	11,13	%	CV	11,12	%

(1) Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

** e * representa significativo a 1% e 5% respectivamente na análise de variância (teste F).

A produtividade acumulada em função da aplicação acumulada dos tratamentos, conforme apresentado na Tabela 8 e Figura 3, indicam que a dose equivalente aos produtos referentes foram diferentes conforme o tipo de solo. Para os solos LA e LV foram obtidos a equivalência de o incremento da eficiência relativa (valor de 100%) em relação à material

referência KCl atingiu o seu máximo em 300 e 190 kg K₂O. ha⁻¹ de HVB respectivamente. Para o padrão de referência FMX os valores de equivalência foram de 210 e 240 kg K₂O. ha⁻¹ respectivamente para o solo LA e LV.

Tabela 8 – Eficiência Relativa das Produtividades acumuladas da sucessão de milho-soja-arroz em dois solos submetidos a doses crescentes de Remineralizador HVB e fontes de K de referência (FMX e KCl). Goiânia, GO

Trat	Milheto kg. ha ⁻¹	ER% FMX	ER% KCl	Soja kg. ha ⁻¹	ER% FMX	ER% KCl	Arroz kg. ha ⁻¹	ER% FMX	ER% KCl	Prod. Acumul.	ER% FMX	ER% KCl
LA												
0R	12.400	111	116	2.328	95	108	1445	110	126	16.173	108	116
30R	13.200	118	123	2.304	94	107	1422	108	124	16.926	113	121
60R	14.700	131	137	2.346	96	109	1564	119	136	18.610	124	133
120R	10.200	91	95	3.042	125	142	1743	132	152	14.985	100	107
240R	11.800	105	110	2.874	118	134	1893	144	165	16.567	111	118
60FMX	11.200	100	105	2.442	100	114	1316	100	114	14.958	100	107
60KCl	10.700	96	100	2.148	88	100	1150	87	100	13.998	94	100
LV												
0R	4.200	34	37	2.280	90	79	1896	83	94	8.376	49	52
30R	8.400	69	74	2.928	116	101	2179	96	109	13.507	79	83
60R	9.200	75	81	2.796	110	97	2240	98	112	14.236	84	88
120R	10.100	83	89	3.924	155	136	2618	115	130	16.642	98	103
240R	16.800	138	149	2.886	114	100	2274	100	113	21.960	129	136
60FMX	12.200	100	108	2.532	100	88	2278	100	114	17.010	100	105
60KCl	11.300	93	100	2.892	114	100	2007	88	100	16.199	95	100

Obs. Produtividade acumulada é a soma da produtividade de milho mais soja mais arroz.

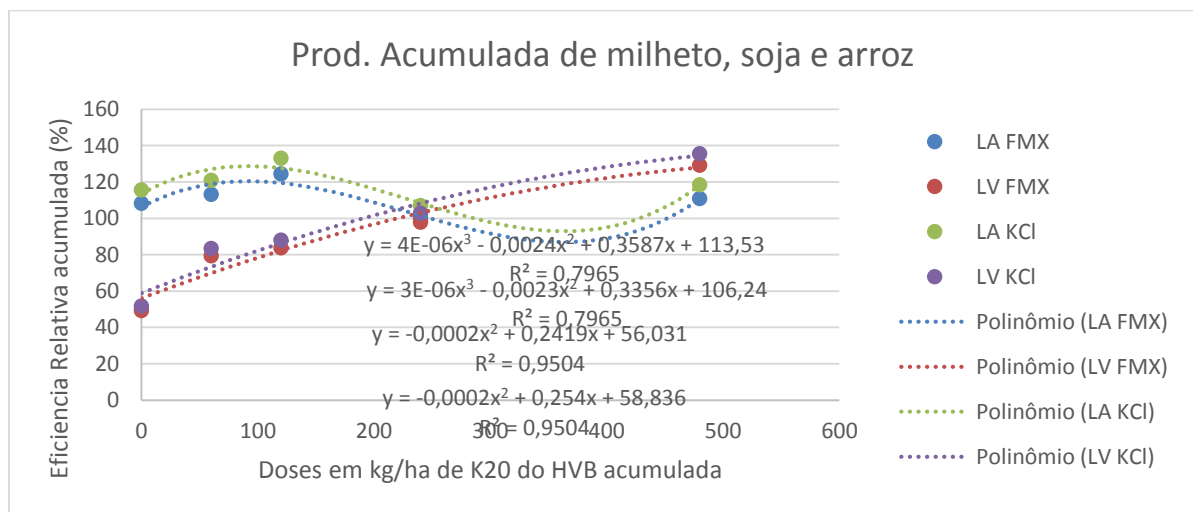


Figura 2 - Eficiência Relativa da produção acumulada na sucessão milho, soja e arroz em função das doses acumuladas do HVB-K (soma das doses nos três cultivos).

Considerando que isso foi estimado para três cultivos dividindo-se por três para os solos LA e LV a equivalência em relação a referência KCl foi de 100 e 63 kg K₂O.ha⁻¹ de HVB respectivamente. Para o padrão de referência FMX os valores de equivalência foram de de 70 e 80 kg K₂O. ha⁻¹ respectivamente para o solo LA e LV. Doses que deixam o produto HVB com alto potencial de uso na agricultura.

4.4 CONCLUSÃO

1. O remineralizador HBV-K apresentou viabilidade técnica como fonte de K para as culturas testadas. Cabem mais estudos para averiguação de liberação de outras nutrientes ao solo.
2. A aplicação de 120 kg K₂O. ha⁻¹ foi a dosagem que melhor possibilitou resultados no incremento da produção das culturas de soja e na cultura sucessiva de arroz.
3. Uso do remineralizador HVB possibilita o incremento nutricional do solo melhorando absorção das plantas com impactos positivos na produtividade.

4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA JUNIOR, J. J.; LAZARINI, E.; SMILJANIC, K. B. A.; SIMOM, G. A.; MATOS, F. S. A.; BARBOSA, U. R.; SILVA, V. J. A.; MIRANDA, B. C.; SILVA, A. R. da. **Análise das variáveis tecnológicas na cultura da soja (*Glycine max*) com utilização de remineralizadores de solo como fertilizantes**. Braz. Journal of Development, Curitiba, vol. 6, nº 8, 2020. Disponível em:< <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/14784>.> Acesso em 6 jan. 2021.

ALOVISI, A. M. T.; FRANCO, D.; ALOVISI, A. A.; HARTOMANN, C. F.; TOKURA, L. K.; SILVA, R. S. de. **Atributos da fertilidade do solo e produtividade do milho e soja influenciados pela rochagem**. In: II Seminário de Engenharia de Energia na Agricultura, 2017, Cascavel, vol. 6, nº5.p 57-68. Disponível em:< <http://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/18470/12057>.> Acesso em 23 jan.2021.

AGROLINK. **Produção brasileira de arroz está estimada em 10,5 milhões de toneladas**. Disponível em:< https://www.agrolink.com.br/noticias/producao-brasileira-de-arroz-esta-estimada-em-10-5-milhoes-de-toneladas_432665.html#:~:text=A%20produtividade%20m%C3%A9dia%20est%C3%A1%20calculada,e%20de%202%2C9%25.> Acesso em: 13 jan. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE AGRONEGÓCIO. **Lições para o futuro**. Disponível em:< <https://abag.com.br/licoes-para-o-futuro-confira-os-anais-2020/>.> Acesso em: 15 set. 2020.

ALBERS, A. P. F.; MELCHIADES, F. G.; MACHADO, R.; BALDO, J. B.; BOSHI, A. O. **Um**

método de caracterização de argilo-mineral por difusão de raio X. 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ce/v48n305/a0848305.>> Acesso em: 31 dez. 2020.

ASFORA, V. K. **Fluorescência de raio X por dispersão de energia aplicada à caracterização de tijolos de sítios históricos de Pernambuco.** 2010. Disponível em:< https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/9476/1/arquivo2695_1.pdf.> Acesso em: 31 dez. 2020.

BAETA JUNIOR, J. D. A. **Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil.** Brasília, CRPM, 2001. Disponível em:< <http://www.cprm.gov.br/publique/Geologia/Geologia-Basica/Projeto-Goiania-405.html.>> Acesso em 16 jan. 2021.

BATISTA, N. T. F. **Atributos químicos do solo e componentes agronômicos na cultura da soja pelo uso da rochagem.** Dissertação de mestrado. Programa de pós- graduação em Produção Vegetal. Universidade Federal de Goiás UFG, Campus Jataí, 2013. Disponível em:< <https://posagronomia.jatai.ufg.br/p/22146-nayra-thais-ferreira-batista.>> Acesso em 11 jan. 2021.

BARBOSA FILHO, M.P. **Nutrição e adubação do arroz (sequeiro e irrigado).** Piracicaba, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. 129p. (Boletim Técnico, 9).

BARBOSA FILHO, M. P.; SNYDER, G. H.; FAGERIA, N. K.; DATNOFF, L. E.; SILVA, O. F. **Silicato de cálcio como fonte de silício para o arroz de sequeiro.** Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v25n2/09.pdf.>> Acesso em: 23 jan. 2021.

BRASIL. 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.** Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Lei/L12890.htm>. Acesso em: 1 jun. 2020.

Brasil apresentou maior importação de Cloreto de Potássio no primeiro semestre. **Globalfert**, 9 set. 2020. Disponível em:< <https://www.globalfert.com.br/noticias/logistica/brasil-apresentou-maior-importacao-de-cloreto-de-potassio-no-primeiro-semester/#:~:text=O%20Brasil%20C%20A%20um%20dos,24%20milh%C3%B5es%20toneladas%20de%20importa dos.&text=Ainda%20sobre%20o%20primeiro%20semestre,4%20C%20milh%C3%B5es%20de%20toneladas.>> Acesso em 28 set. 2020.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira.** Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>. Acesso em 29 set. 2020. **COSTA, C. H. M. da.; CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; NETO, J. F.** Persistência e liberação de elementos da fitomassa do consórcio crotalaria com milho sob fragmentação. **Fortaleza, 2014. Rev. Ciênc. Agron. vol.45 n.1. Disponível em:< https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-66902014000100023&script=sci_arttext.> Acesso em 14 jan. 2021.**

CRUSCIOL, C. A. C.; MACHADO, J. R.; ARF, O.; RODIGUES, R. A. F. Componentes de produção e produtividade de grãos de arroz de sequeiro em função do espaçamento e da densidade de semeadura. **Ver. Ciênc. Agric. Piracicaba, vol. 56, nº 1, 1999. Disponível**

em:<https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90161999000100009&script=sci_rtttext> Acesso em 12 jan. 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Protocolo para avaliação da eficiência agrônômica de remineralizadores de solo – primeira versão.** Disponível em:<<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>> Acesso em 05 jun. 2020.

FARINELLI, R.; PENARIOL, F. G.; FORNASIERI FILHO, D.; BORDIN, L. **Características agrônômicas de arroz de terras altas sob plantio direto e adubação nitrogenada e potássica.** Rev. Bras. Ciênc. Solo, Viçosa, vol. 28, nº 3, 2004. Disponível em:<https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832004000300006> Acesso em: 11 jan. 2021.

GUELFY-SILVA, D. R.; MARCHI, G.; SPEHAR, C. R.; GUILHERME, L. R. G.; REIN, T. A.; SOARES, D. A.; ÁVILA, F. W. Caracterização e liberação de nutrientes de rochas silicáticas e suas alterações nos atributos químicos do solo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 36, n.3, 2012. Disponível em:<https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832012000300025&lng=en&enrm=isoetlng=en> Acesso em 25 jun. 2020.

LUZ, A. B.; LAPIDO-LOUREIRO, F.; SAMPAIO, J. A.; CASTILHO, Z. C.; BEZERRA, M, S. Rochas, minerais e rotas de tecnologia para a produção de fertilizantes alternativos. IN: FERNANDES, F. R. C.; LUZ, A. B.; CASTILHO, Z. C. **Agrominerais para o Brasil.** Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral (CETEM/MCT), 2010. Cap. 4, p. 61-88. Disponível em:<<https://livroaberto.ibict.br/handle/1/920>> Acesso em 15 ago. 2020.

KRUKER, G. **Adubação com pó de rocha e plantas de cobertura em sucessão soja (*Glycine max*) e trigo (*Triticum aestivum*).** 2019. 120 p. Dissertação de Mestrado em Ciências do Solo- Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2019. Disponível em:<https://www.udesc.br/arquivos/cav/id_cpmenu/1470/Disserta_o_Gregory_UDESC_corrigida_19_09_2019_15784909911253_1470.pdf> Acesso em: 7 jan. 2021.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação nutricional das plantas: princípios e aplicações.** 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa de Potassa e do Fosfato, 1997.

NETO, A. E. F.; VALE, F. R.; RESENDE, A. V.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo.** Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252 p.
Fertilizantes/Rabobank: Importação em 2020 deve ser 3% menor que em 2019, a 28,6 milhões de toneladas. **UDOP**, Araçatuba, 16 jun. 2020. Disponível em:<<https://www.udop.com.br/noticia/2020/06/19/fertilizantes-rabobank-importacao-em-2020-deve-ser-3-menor-que-em-2019-a-28-6-milhoes-de-toneladas.html>> Acesso em 14 set. 2020.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes.** Piracicaba, International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.

RAIJ, B. VAN; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J.A. (2001). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas: Instituto Agrônômico. 285 p. Disponível em:<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/170125/1/Eder-Efeitos-condicionador-e-nutricional.pdf>> Acesso em 13 jan. 2020.

RESENDE, A.V.; FURTINI NETO, A.E.; MARTINS, E.S.; HURTADO, S.M.C.; OLIVEIRA, C.G.; SENA, M.C. **Protocolo de avaliação agronômica de rochas e derivados como fontes de nutrientes às plantas ou condicionadores de solo**. Sete Lagoas-MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 30p.

RIBEIRO, L. S. da S.; SANTOS, A. R. dos.; SOUZA, L. F. da SILVA.; SOUZA, J. S. Rochas silicáticas portadora de potássio como fonte do nutriente para as plantas. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, vol. 34, nº 3, 2010. Disponível em:<https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832010000300030> Acesso em 20 jun. 2020.

RODRIGUES, R. B. **Influência da rochagem nos atributos químicos do solo e na produtividade da soja**. 2020. 30 p. Bacharelado em Agronomia-Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2020. Disponível em:<<http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/4441/1/RodrigoBastosRodrigues.pdf>> Acesso em: 11 jan. 2021.

RODRIGUES, L. A. **Efeito do silício via aplicação foliar e recobrimento de sementes de milho**. 2015, 57 p. Dissertação de Mestrado em Agronomia para Produção Vegetal-Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Chapadão do Sul, 2015. Disponível em:<<https://repositorio.ufms.br/bitstream/123456789/3118/1/Efeito%20do%20sil%20c3%a3%a0%20v%20ia%20aplica%20c3%a7%20c3%a3%20foliar%20e%20recobrimento%20de%20sementes%20de%20milho.pdf>> Acesso em: 11 jan. 2021.

VELOSO, C. A. C.; BOTELHO, S. M.; LOPES, A. M.; CARVALHO, E. J. M. Nutrição mineral e adubação da cultura do arroz de sequeiro. Belém, PA. Embrapa Amazônica Oriental, 2009. 29 p.

SILVA, G. F. C., PANACHUKI, E. **Infiltração de água no solo em área cultivada com soja sob diferentes sistemas de manejo**. ANAIS DO ENIC, v. 1, n. 2, 2015.

SOUZA, F. N. da S.; OLIVEIRA, C. G. de.; MARTINS, E. S.; ALVES, J. M. **Efeitos condicionador e nutricional de um remineralizador de solos obtido de resíduos de mineração**. Revista Agri-Environmental Sciences, Palmas, vol. 3, nº 1, 2017. Disponível em:<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/170125/1/Eder-Efeitos-condicionador-e-nutricional.pdf>> Acesso em: 12 jan. 2021.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

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

O remineralizador HVB-K aumentou os teores de K foliar de forma semelhante ao remineralizador FMX nas culturas testadas e em ambos os solos. No solo LA inclusive foi semelhante ao KCl.

O remineralizador HVB-K aumentou os teores de K no solo de forma semelhante ao remineralizador FMX e o KCl nas culturas do milho e da soja em sucessão;

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.

No solo LA a produção de biomassa de milho o remineralizador HVB-K na dose de 60 kg. ha⁻¹ de K₂O foi superior ao FMX e KCl. No solo argiloso foi necessárias doses maiores do HVB-K no primeiro ano de cultivo para obter produtividades similares ao FMX e KCl

Nos solos LA e LV a equivalência em relação a referência KCl foi de 100 e 63 kg K₂O.ha⁻¹ de HVB respectivamente. Para o padrão de referência FMX os valores de equivalência foram de de 70 e 80 kg K₂O.ha⁻¹ respectivamente para o solo LA e LV. Doses que deixam o produto HVB com alto potencial de uso na agricultura

O produto HVB-K pode ser empregado como remineralizador na cultura do milho e da soja, com viabilidade e eficiência agrônômica.

ANEXOS

ANEXO 1 – DETALHES DA AMOSTRAGEM NA PILHA DO REMINERALIZADOR



ANEXO 2 – FOTOS DOS ENSAIOS

ANEXO 3 – FOTOS ENSAIOS DE SOJA

