

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA - UFU
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS – ICIAG
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

HELDER TEIXEIRA FLAUZINO

LIBERAÇÃO DE K POR MICAXISTO COMO REMINERALIZADOR

UBERLÂNDIA, MG
2023
HELDER TEIXEIRA FLAUZINO

LIBERAÇÃO DE K POR MICAXISTO COMO REMINERALIZADOR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Prof. Dr. Wedisson Oliveira Santos

UBERLÂNDIA, MG
2023

HELDER TEIXEIRA FLAUZINO

LIBERAÇÃO DE K POR MICAXISTO COMO REMINERALIZADOR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Agrônômica.

Uberlândia, 03 de Fevereiro de 2023

Banca Examinadora:

Prof. Dr. José Geraldo Mageste
Membro 1

Me. Rosane Angélica Reis dos Anjos
Membro 2

Prof. Dr. Wedisson Oliveira Santos
Orientador

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por chegar até aqui.

Agradecer grandemente ao meu orientador Prof. Dr. Wedisson O. Santos, principalmente pela paciência e respeito comigo, por todas as reuniões, por aceitar e disponibilizar seu tempo para desenvolver este trabalho. Agradecer ao Prof. Dr. José Geraldo Mageste por disponibilizar os materiais da pesquisa, e por fim agradeço também ao Igor, técnico do laboratório, que contribuiu na realização do trabalho

RESUMO

É crescente e preocupante a dependência externa brasileira por fertilizantes potássicos, que em 2021 atingiu cerca de 96 % do total de K consumido no agronegócio. Tamanha dependência associada à elevações recorrentes nos preços dessas *commodities* têm estimulado à busca interna por fontes de K, com destaque para os remineralizadores de solo. Apesar dos avanços legais recentes quanto ao uso de remineralizadores no Brasil, ainda há grande carência de estudos robustos sobre os efeitos desses materiais no solo de curto à longo prazos. Assim, foi objetivo dessa pesquisa avaliar a taxa de liberação de K de Remineralizador a base de Micaxisto em experimento de longa duração. Adicionalmente, também foi avaliado o efeito da calagem e do extrator acetato de amônio na dissolução desse pó de rocha. Para tanto, em delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, avaliou-se o efeito de cinco doses de Micaxisto (0; 3,24; 6,48; 12,96 e 25,92 t/ha) e um tratamento adicional (dose 12,96, sem calagem). A unidade experimental foi composta por um tambor (180 dm³) preenchido com solo. A mistura do pó de rocha com o solo foi realizada apenas na camada superficial (0-20 cm). Antes e após 29 meses de incubação do solo com o Remineralizador, em condições naturais, amostras de solo foram coletadas objetivando a determinação do teor trocável de K no extrator acetato de amônio. Os resultados revelaram que não houve efeito da calagem na taxa de liberação de K, assim como também não houve efeito do extrator na dissolução do Micaxisto. Apenas 5,8 % do K total da rocha foi liberado durante o período de incubação. Extrapolações dos dados experimentais revelaram que o incremento de 1 t/ha do Micaxisto elevou no solo o teor trocável de K em aproximadamente 1,0 mg/dm³. Conclui-se que o material avaliado apresenta baixa eficiência como fertilizante potássico.

Palavras-chave: Pó de rocha; fertilidade do solo; Rochas metamórficas; agricultura sustentável.

ABSTRACT

Brazil's external dependence on potassium fertilizers is growing and worrying, which in 2021 consumes around 96% of the total K consumed in agribusiness. Such dependence, associated with recurrent increases in the prices of these commodities, encourages the internal search for sources of K, with emphasis on soil remineralizers. Despite recent legal advances regarding the use of remineralizers in Brazil, there is still a great lack of robust studies on the effects of these materials on the soil in the short and long term. Thus, the objective of this research was to evaluate the rate of K release from a Micaschist-based Remineralizer in a long-term experiment. In addition, the effect of liming and ammonium acetate extractor on the tasting of this rock powder was also evaluated. Therefore, in a randomized block design, with four replications, the effect of five doses of Micaschist (0; 3.24; 6.48; 12.96 and 25.92 t/ha) and an additional treatment (dose 12.96, without liming). The experimental unit consisted of a drum (180 dm³) filled with soil. The mixture of rock powder with soil was carried out only in the superficial layer (0-20 cm). Before and after 29 months of soil incubation with the Remineralizer, under natural conditions, the soil sample was collected with the aim of experimenting with the exchangeable content of K in the ammonium acetate extractor. The results revealed that there was no effect of liming on the rate of K release, as well as there was no effect of the extractor on gasoline from Micaschist. Only 5.8% of the rock's total K was released during the incubation period. Extrapolations of the experimental data revealed that the increment of 1 t/ha of Micaschist increased the exchangeable content of K in the soil by approximately 1.0 mg/dm³. It is concluded that the evaluated material has low efficiency as a potassium fertilizer.

Key words: rock dust; soil fertilization; Metamorphic rocks; sustainable agriculture.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	11
2.1	Remineralizador.....	11
2.2	Ensaio.....	12
2.3	Determinação do K trocável.....	14
2.4	Estatística.....	14
3	RESULTADOS.....	15
4	DISCUSSÃO.....	17
4.1	Efeito da Calagem.....	17
4.2	Efeito de Extrator.....	17
4.3	Liberação de K.....	18
5	CONCLUSÃO.....	19
6	REFERÊNCIAS.....	21

1 INTRODUÇÃO

A histórica e crescente dependência externa brasileira de fertilizantes, que atingiu mais 85% do total de N, P e K consumido no país em 2021, associada às elevações recorrentes nos preços dessas *commodities* têm estimulado à busca por fontes nacionais de nutrientes, especialmente K, cuja dependência brasileira é quase absoluta (cerca de 96% em 2021) (ANDA, 2023). Desde as prospecções da Petrobrás em busca de petróleo no território brasileiro, datadas da década de 1970, que se sabe sobre a ocorrência de expressivas jazidas de evaporitos potássicos (sais solúveis de K) nas regiões nordeste (SE) e amazônica (AM), entretanto, devido principalmente aos elevados custos de exploração, tais recursos ainda não foram incorporados à reserva brasileira de K (além da reserva atual em SE), o que poderia diminuir fortemente a dependência externa (BRASIL, 2021), de grandes países mineradores de K, como o Canadá, Rússia e Belarus.

De acordo com Resende et al. (2006), jazidas de médio e pequeno porte, disseminadas nas principais áreas em que se desenvolvem atividades agropecuárias, podem permitir a redução dos custos de mineração, transporte e distribuição. Os preços se tornariam acessíveis e, dessa forma, essas rochas seriam competitivas em relação ao KCl, uma vez que todas as operações de mineração, processamento das rochas e de logística até as fazendas estariam restritas a um raio máximo de abrangência territorial, como ocorre com o calcário e gesso agrícola.

Não obstante, a falta de prospecção por novas reservas de minerais solúveis no território e de estudos de viabilidade de exploração de K das águas oceânicas da costa brasileira (salmouras) e das camadas de pré à pós-sal revelam certa vulnerabilidade do Brasil para assuntos estratégicos, como é a dependência de K (MARTINS et al., 2008). No entanto, a exploração de potássio a partir das salmouras oceânicas é um desafio técnico e econômico complexo. As concentrações de potássio nas salmouras são geralmente baixas e variáveis, o que pode exigir processos de extração e concentração custosos e complexos. Além disso, a extração de potássio das salmouras oceânicas também pode ter impactos ambientais e socioeconômicos que precisam ser cuidadosamente avaliados.

Diante de tamanha fragilidade do setor agrícola brasileiro quanto ao suprimento de K tem-se pesquisado sobre o uso agrícola de pós de rochas silicatadas (aluminossilicatos) como fonte deste nutriente, de grande ocorrência no país, desde o início da década de 1970 (COELHO, 2005). Entretanto, a partir da crise financeira global de 2008 (REZENDE et al., 2006) e mais recentemente, as crises energéticas, problemas de oferta e câmbio, que ocasionaram a elevação nos preços dos fertilizantes sem precedentes históricos, o uso de pós de rochas como fonte de nutrientes voltou a ser estimulado. De fato, o Plano Nacional de

Resíduos Sólidos (PNRS) (CIVIL, 2010), a criação da IN nº 05/2016 (Brasil 2016) que regulamenta os Remineralizadores de Solo, e mais recentemente o Plano Nacional de Fertilizantes 2050

(BRASIL, 2021) foram marcos importantes no incentivo e regulamentação de uso desses materiais como fontes de nutrientes/elementos benéficos ou como condicionadores de solo.

Apesar dos avanços legais quanto ao uso de aluminossilicatos como remineralizadores de solo no Brasil, ainda há grande carência de estudos robustos sobre os efeitos desses materiais no solo de curto à longo prazo diante da grande diversidade de materiais em termos de composição química (teor de nutrientes e elementos potencialmente benéficos), características minerais (composição mineral, grau de cristalinidade, solubilidade, reatividade e granulometria), de condições edafoclimáticas de uso (tipo de solo, teor de argila, teor de matéria orgânica, acidez, atividade de Si (silício), atividade microbiana, regime hídrico, temperatura, taxas de lixiviação, etc.) e culturais (tipos de cultura/mecanismos de aquisição de nutrientes, formas de aplicação) (NASCIMENTO et al., 2004).

Atualmente, encontram-se registrados no Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) mais de vinte remineralizadores, com grande variação em teores de nutrientes e solubilidade (BRASIL, 2007). Quando se considera a solubilidade desses materiais em água ou ácidos fracos, que em geral inferior a 5%, a viabilidade econômica de uso como fontes de nutrientes não é favorável (NASCIMENTO et al., 2004). Portanto, também há necessidade de prospecção de novos extratores e métodos de caracterização desses materiais mais exitosos na predição das suas eficiências em pequeno, médio e longo prazos como fontes de nutrientes.

Nesse contexto de novos remineralizadores, temos o micaxisto que é uma rocha metamórfica foliada composta principalmente por minerais de mica, como a biotita e a moscovita (GUIMARÃES, 2017). Essa rocha é formada a partir do metamorfismo de rochas sedimentares ou ígneas sob altas temperaturas e pressões ao longo de períodos geológicos de milhões de anos (SILVA, 2015). O micaxisto é conhecido por sua textura foliada, com camadas paralelas de minerais de mica que se alternam com outras camadas minerais, como quartzo, feldspato e minerais de anfibólio (ALVES, 2011). Essa textura foliada é resultado do alinhamento preferencial dos minerais de mica durante o processo de metamorfismo, conferindo ao micaxisto sua característica aparência xistosa. O micaxisto é amplamente encontrado em diversas regiões do Brasil, sendo utilizado em várias aplicações, como na indústria de construção civil, indústria de revestimentos e como fonte de minerais e elementos químicos (SOUZA, 2018).

Muitos processos têm se mostrado promissores na dissolução desses materiais, porém envolvem tratamentos térmicos (VALARELLI; GUARDANI, 1981; EICHLERA, 1983;

VALADACHARI, 1992; MAZUMDER et al., 1993; NASCIMENTO, 2004; SANTOS et al., 2015; 2016), químicos (NASCIMENTO, 2004; SANTOS et al., 2016a, 2016 b) ou biológicos (SANTOS, 2012; MATIAS et al., 2019), os quais são caros, tornando inviável a produção de fertilizantes em escala comercial. Por outro lado, o uso *in natura* desses pós de rocha ainda precisa de respaldo científico no Brasil. Neste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar a liberação de K de um remineralizador a base de micaxisto por longo prazo, assim como o efeito da calagem e do extrator

acetato de amônio nesta variável.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Remineralizador

O remineralizador em estudo trata-se de material farelado obtido de rocha metamórfica conhecida como micaxisto. Essa rocha ocorre no complexo geológico grupo Araxá, na região centro sul de Minas Gerais, apresentando dureza elevada e composição mineralógica a base de micas (biotita e Muscovita) e quartzo (Görgen, 2018).

A composição química do micaxisto para alguns elementos químicos e pH de abrasão (pH medido em uma suspensão do mineral ou rocha finamente moído) estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. pH de abrasão e teor de alguns elementos químicos no Micaxisto.

Parâmetro	Resultado	Unidade
pH de abrasão	7,95	-log(H ⁺)
CaO	3,22	%, m/m
MgO	2,26	
K ₂ O	3,7	
B	0,1	

Certificado de análise Tratto N^o: 1080/19F.

2.2 Ensaio

O experimento foi conduzido nas dependências da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), campus Umuarama. Foi avaliado a liberação de K a partir do micaxisto, por meio da determinação do K trocável, em amostras de Latossolo Vermelho Ácrico típico (LVw) coletadas na região de Uberlândia, MG (Tabela 2).

Tabela 2. Características químicas e físico-químicas de amostras do solo vindas do campo antes da calagem.

Parâmetro	Resultado	Unidade
pH em água	5,6	$-\log(H^+)$
MOS	0,4	dag/kg
C-org	0,2	dag/kg
K	2	mg/dm ³
P	0	mg/dm ³
S	11	mg/dm ³
Ca ²⁺	0,2	cmolc/dm ³
Mg ²⁺	0,0	cmolc/dm ³
Al ³⁺	0,0	cmolc/dm ³
Acidez potencial (H + Al)	1,20	cmolc/dm ³
CTC efetiva	0,22	cmolc/dm ³
CTC pH 7,00	1,42	cmolc/dm ³
V	16	%
m	0	%

Observações: V = Saturação de Base; m = Saturação de alumínio; P, K, = [Mehlich-1]; S-SO₄²⁻ = [Fosfato Monocálcico]; Ca, Mg, Al = [KCl 1 mol L⁻¹]; H + Al = [SMP]; M.O. = Método Colorimétrico.

Posteriormente, o solo foi seco ao ar (coletado de 10 a 1,5 metros de profundidade), passado em peneira de 4 mm e submetida à incubação em tambor de plástico de 180 litros, com calcário dolomítico, por 29 meses. Foi utilizado 32 g de calcário por tambor e misturado na camada de 0 a 20 cm. Apenas no tratamento testemunha não foi realizada a correção do solo.

Após a correção do solo e devida incubação (mantendo-se umidade constante) por 2,5 meses, misturou-se pó de rocha (peneira de 500 mech) composto principalmente por micaxisto, na camada 0-20 cm dos tambores correspondentes aos tratamentos (doses) descritos na **Tabela 3**. A unidade experimental foi composta por 1 tambor com 180 dm³ de solo. Os tratamentos foram distribuídos em blocos casualizados, ou quatro repetições

Tabela 3 – Doses de Micaxisto em cada tratamento do experimento

Tratamentos	Dose de micaxisto (t/ha)
T1	0
T2	3,2
T3	6,48
T4	12,96
T5	12,96 SC
T6	25,92

SC= sem calagem. A dose de 3,24 t/ha do Remineralizador (3,7% K_2O) representa 120 kg ha^{-1} de K_2O ; a dose de 6,48 t/ha (T3) representa 240 kg ha^{-1} de K_2O ; T4 e T5 representa 480 kg ha^{-1} de K_2O ; T6 representa 960 kg ha^{-1} de K_2O .

Cinco amostras de solo, logo após a mistura com o micaxisto e após 29 meses de incubação sob condições naturais (à céu aberto), foram coletadas em cinco pontos na superfície do solo de cada parcela (Figura 1), objetivando determinar o teor de K em acetato de amônio. Onde T1 representa o solo seco misturado com o Remineralizador, coletado no momento da montagem do experimento. T2 representa o solo coletado após 29 meses de incubação.



Fonte: Autor, 2022.

Figura 1. Detalhe dos pontos de coleta de amostras de solo (0-20 cm), em cada tambor que compunha uma unidade experimental. Na primeira figura, nota-se a disposição dos tambores.

Cada amostra composta das unidades amostrais foi transformada terra fina seca ao ar (TFSA), objetivando a determinação do teor de K trocável, em acetato de amônio (ALLEN et al., 1974). Para isto destas TFSA foi extraído o potássio com o extrator Acetado de amônia e levado à espectrofotometria de emissão de chamas. Para melhor exatidão desta determinação, houve uma curva de calibração própria, com a mesma matriz físico-química dos extratos das amostras.



Figura 2. Detalhe da maceração das amostras para obtenção da Terra Fina Seca ao Ar (TFSA), quando observou-se fragmentos do micaxisto (esquerda), e espectrofotômetro utilizado na dosagem de K (direita).

2.4 Estatística

Os dados de K trocável foram inicialmente submetidos ao teste de normalidade e homogeneidade de variância e em seguida foi realizado à análise de variância (ANOVA). As médias foram comparadas pelo teste Skott-Knott ($\alpha=5\%$), e o efeito de doses de micaxisto foi estudado por análise de regressão. Todos os testes estatísticos foram realizados no programa SigmaPlot versão 14.0.

3 RESULTADOS

Apesar da variável “dose” ser quantitativa, o uso de teste de médias justifica-se, neste caso, devido a necessidade de se investigar o efeito da calagem na liberação de K do micaxisto, contrastando-se os tratamentos correspondentes a dose $12,96 \text{ t ha}^{-1}$ com e sem calagem (SC). Portanto, os dados indicaram que a calagem não promoveu efeito estatístico sobre a liberação ou disponibilidade de K do micaxisto (Figura 3).

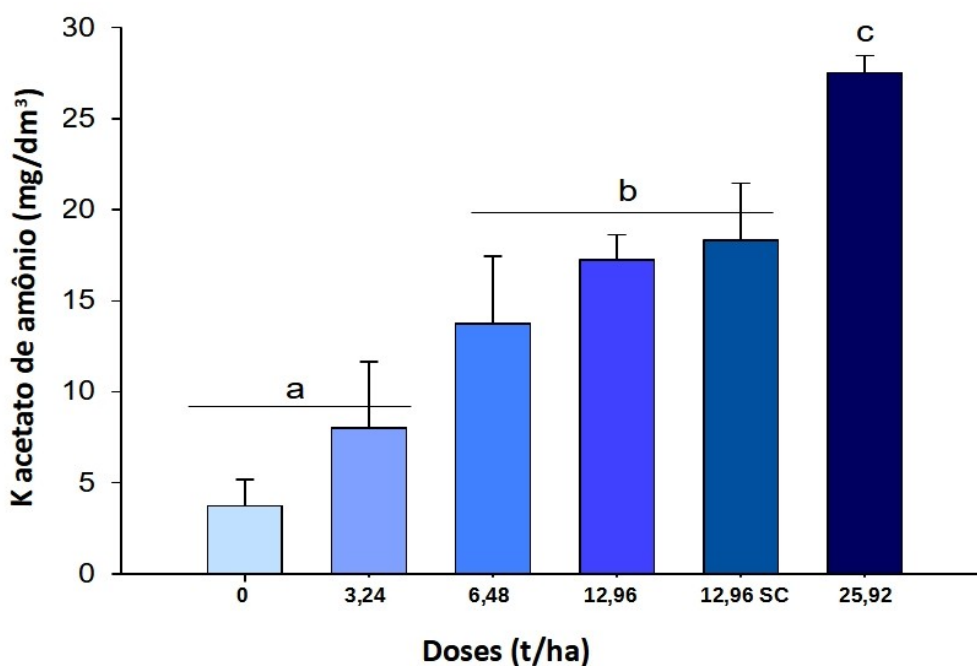


Figura 3. Teor de K trocável em solo tratado com o remineralizador micaxisto, mantido incubado por 29 meses. Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste Skott-Knott a 5%.

Os dados dos teores de K trocável em função de tempo de incubação (T1 e T2) e doses de micaxisto são apresentados na Figura 4. Observou-se efeito expressivo do tempo de incubação na liberação de K do Micaxisto. Adicionalmente, quando as médias dos tratamentos para T1 foram comparadas, estatisticamente foram iguais, o que sugere que o extrator acetato de amônio não promoveu dissolução do Micaxisto.

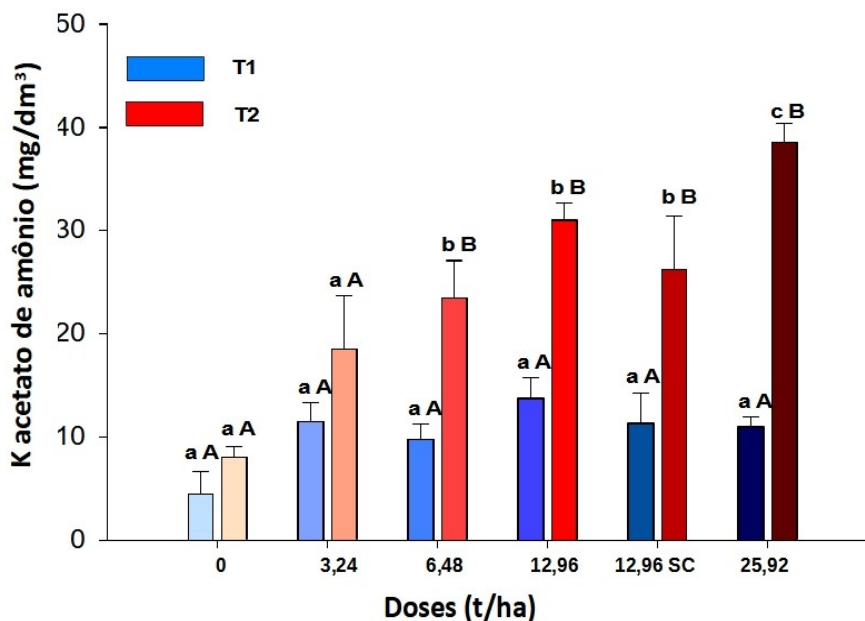
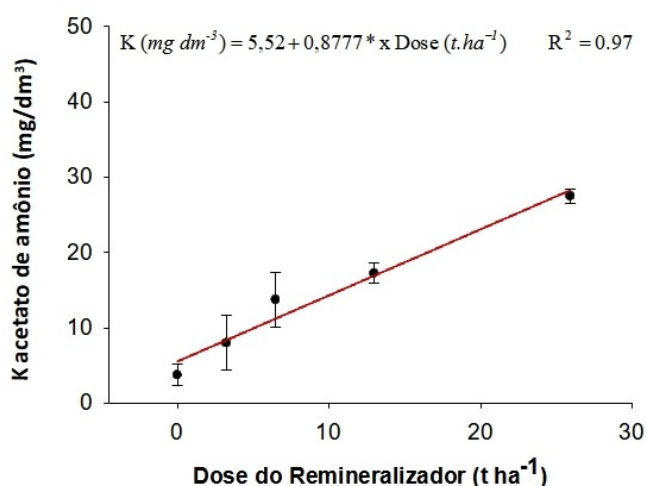


Figura 4. Teor disponível de K em solo tratado com o Remineralizador Micaxisto, mantido incubado por 29 meses. Médias seguidas por mesma letra minúscula, dentro de T1 ou T2, não diferem entre si pelo teste Skott-Knott a 5%. Médias seguidas por mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste Skott-Knott a 5%, e compara efeito de T1 e T2, dentro de cada tratamento.

O incremento de doses de Micaxisto promoveu aumento linear do teor de K trocável no solo (Figura 5). O coeficiente de regressão revela que o acréscimo de 1 t/ha de micaxisto aumentou cerca de 0,9 mg/dm³ no teor de K trocável. Considerando a concentração de K no Micaxisto, de 3,7 % m/m, e o incremento no de K teor trocável, percebeu-se que apenas 5,8 % do K total foi liberado no solo em 29 meses de incubação. Essa adição de 0,9 mg/dm³, ou 1,8 kg/ha pode ser obtida com o uso de 3,5 kg ha⁻¹ de KCl, portanto usando uma dose menor que a do remineralizador.

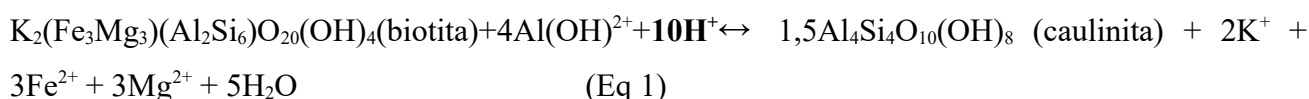
Figura 5. Efeito de dose de micaxisto no teor trocável de K.



4 DISCUSSÃO

4.1 Efeito da Calagem

A liberação de K de micas como biotita e muscovita, minerais potássicos constituintes do Micaxisto, segundo Mello (2009), pode ser atribuída “a transformação de micas com K entrecamadas para minerais 2:1 expansivos pela redução da carga negativa e pela troca de K por cátions hidratados” e “dissolução seguida pela recombinação dos produtos do intemperismo”. Para ambos os processos, a acidez do solo é importante (Rebertus et al., 1986) (Eq. 1), portanto a partir do efeito insignificante da calagem sobre a dissolução do Micaxisto, em termos de liberação de K, pode-se atribuir ao fato de o solo inicialmente encontrar-se com acidez ativa “leve” (pH 5,6) e com baixa capacidade de tamponamento de acidez devido ao baixo teor de H^+Al ($1,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$).



Como trata-se de dissolução de minerais silicatados, é prematuro concluir que a acidez do solo não é fator importante na dissolução de Micaxistos em solos muito intemperizados com acidez leve. De fato, a dissolução ocorre quando além da acidez, a atividade das espécies K^+ , $Fe^{2/3+}$, Si^{4+} , Mg^{2+} , Al^{3+} forem favoráveis em uma cinética, que em geral é muito lenta. Drever (1997) modelou a dissolução completa de uma esfera ou cubo de 1 mm de diâmetro de Muscovita ou Biotita a pH 5,0 em condições de laboratório para $2,6 \cdot 10^6$ e $3,8 \cdot 10^4$ anos, respectivamente.

4.2 Efeito de Extrator

A utilização de remineralizadores de solo como fontes de K requer o uso de extratores adequados de formas disponíveis. Neste sentido, apesar da pobreza de informações na literatura sobre essa temática, resultados preliminares (não publicados ou apresentados) sugerem que o extrator de Mehlich-1, devido a sua elevada acidez ($pH \approx 1,2$) pode causar dissolução parcial de remineralizadores silicatados durante a marcha analítica. Rezende (2022) encontrou resultados muito distantes da metodologia de extração pelo acetato de amônio quando usou o Mehlich 1, relatando que essas variações seria devido ao acesso ao K estrutural pelo extrator, superestimando o K disponível. Por esta razão, neste trabalho foi utilizado o acetato de amônio como extrator, que mostrou-se insensível a presença do remineralizador, apesar das “diferenças” aritméticas entre a dose 0 e as demais quanto ao teor de K trocável no tempo 1 (mistura solo/remineralizador mantida seca).

O princípio de extração do K trocável pelo acetato de amônio é a troca iônica que se

estabelece entre NH_4^+ do extrator, com K^+ adsorvido fisicamente no complexo sortivo dos colóides do solo. Portanto, seguindo a lógica da dinâmica do K^+ no solo, que após ser liberado da dissolução de minerais primários ou secundários ocuparia majoritariamente as cargas negativas do solo, a taxa

de dissolução desses minerais poderia ser estimada pelo ΔK trocável, que mostra-se confiável. Entretanto, devido a grande similaridade entre raios hidratados do K^+ (2,8 Å) e NH_4^+ (3,0 Å), o acetato de amônio pode acessar formas não trocáveis de K, especialmente aquelas retidas quimicamente nas entrecamadas de minerais 2/1 secundários, como a vermiculita (Martin & Sparks, 1983).

4.3 Liberação de K

A baixa taxa de liberação de K do Micaxisto em 29 meses (5,8% do K total) é altamente esperada pois trata-se de material rico em micas, que são filossilicatos potássicos praticamente insolúveis em água. É possível que essa pequena liberação de K ocorra devido ao intemperismo de borda (ambientes preferenciais, mais expostos), que representa uma pequena porção do K total no remineralizador, já que minerais primários em fragmentos de rochas apresentam superfície específica negligenciável. Esse tipo de intemperismo é fortemente afetado pelo tamanho das partículas (Scott, 1968), que segundo Mello (2009) é controlado por reações de difusão, que aumenta com a redução de tamanho das partículas. Portanto, apenas após essa liberação inicial, o intemperismo de camada deve ser estabelecer, o qual é mais lento.

Considerando as condições do solo, especialmente a baixa atividade iônica de espécies comuns (solo e na estrutura de micas) como Si, K, Al e Fe (o Mg foi desconsiderado devido a calagem), supõe-se que foram favoráveis à dissolução do Micaxisto. Conforme princípios do equilíbrio químico de reações de dissolução/precipitação, que estabelece a constante de equilíbrio como o relacionamento entre a atividade de produtos e reagentes, $K = (P)^P/(R)^R$, a concentração efetiva dos produtos das reações define a estabilidade dos minerais. Assim, sempre que a atividade de produtos estiver abaixo do equilíbrio (atividade crítica), ocorrerá dissolução líquida do mineral. De fato, segundo Martin & Sparks (1985), a atividade na qual a liberação de K é inibida varia de 2,3 a 16,8 mg L⁻¹ para micas trioctedrais, como a biotita, em soluções diluídas e abaixo de 0,1 mg L⁻¹ para muscovita. Apesar de não ter sido medida a atividade de K na solução do solo, espera-se que sejam inferiores a tais níveis críticos, tendo em vista que trata-se de solo muito intemperizado, oxidico, com baixa CTC e teores disponíveis de K muito baixos (2 mg/dm³). A baixa CTC e pH acima de 5,5 sugere que o solo utilizado possui caráter que se aproxima do ácrico, que é caracterizado por domínio de minerais oxidicos na fração argila e ambientes de baixa atividade de sílica e bases trocáveis.

5. CONCLUSÃO

O extrator acetato de amônio é adequado para se medir a disponibilidade de K em solos que receberam aplicação do Micaxisto. Comparado ao KCl o uso de micaxisto como fertilizante potássico apresenta baixa viabilidade econômica; A baixa taxa de liberação de K do micaxisto inviabiliza o uso desse insumo como fertilizante potássico. A calagem parece não afetar expressivamente a dissolução do micaxisto na escala de tempo do estudo em solo com baixo conteúdo de acidez;

6. REFERÊNCIAS

- ANDA. ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS (ANDA). **Estatísticas**. Disponível em: <<http://anda.org.br>>. Acesso em: 4 abril 2023.
- ALLEN, S. E.; GRIMSHAW, H. M.; PARKINSON, J. A.; QUARMBY, C. (1974). Chemical analysis of ecological materials. **Blackwell Scientific Publications**. London, England.
- ALVES, L. F. Rochas metamórficas: tipos, ambientes metamórficos e suas características. In: Almeida, N.; Hasui, Y. (Eds.), **Geologia do Brasil**. São Paulo: Beca. 2011.
- BRASIL. **Decreto nº 10.991, de 11 de março de 2021**. Institui o Plano Nacional de Fertilizantes 2022–2050 e o Conselho Nacional de Fertilizantes e Nutrição de Plantas. Disponível em: Acesso em: 17 mar. 2022.
- BRASIL. **Instrução Normativa n. 5, de 23 de fevereiro de 2007**. Diário Oficial da União, República Federativa do Brasil, Brasília-DF, 01 mar. 2007. Seção 1, p. 10-21.
- BRASIL. **Nota Técnica sobre a Ocorrência de Potássio no Brasil**. Brasília: CPRM, 2021. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/Asscom/notatecnicapotassio.pdf>. Acesso em: 13 de abril de 2023.
- COELHO, A.M. (2005) O potássio na cultura do milho. In: YAMADA, T. & ROBERTS, T.L. (Eds.). **Potássio na agricultura brasileira Piracicaba**: Instituto da Potassa & Fosfato, p.612-658.
- CIVIL, Casa. **LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010**. Institui a política nacional de resíduos sólidos, 2010.
- DREVER, J.I. **The geochemistry of natural waters**. Prentice Hall, Upper Saddle River, 1997. 436p.
- GUIMARÃES, M. **Mineralogia dos xistos na região de Diamantina, Minas Gerais**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2017.
- GÖRGEN, C. A. **Paragênese mineral e atributos físico-químicos de solos originados de diferentes litologias e características da rizosfera desenvolvida com rochas remineralizadoras: contribuição para o manejo da fertilidade na região do sudoeste goiano**. Tese de Doutorado. UnB, 2018.
- MARTINS, E.S.; OLIVEIRA, C.G.; RESENDE, A.V.; MATOS, M.S.F. Agrominerais - Rochas silicáticas como fontes minerais alternativas de potássio para a agricultura. In: LUZ, A.B.; LINS, F. F., eds. **Rochas e Minerais Industriais: usos e especificações**. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2008. p. 205-223
- MATIAS, P. C., MATTIELLO, E. M., SANTOS, W. O., BADEL, J. L. 2019. **Solubilization of a K-silicate rock by Acidithiobacillus thiooxidans**. *Minerals Engineering*, 132, 69-75.
- MARTIN, H. W.; SPARKS, D. L. Kinetics of nonexchangeable potassium release from two coastal plain soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 47:883-887, 1983.
- MARTIN, H. W.; SPARKS, D.L. On the behavior of nonexchangeable potassium in soils. **Comm. Soil Sci. Plant. Anal.**, 16:133-162, 1985.

MAZUMDER, A. K.; SHARMA, T.. RAO, T. C. 1993. Extraction of potassium from glauconitic sandstone by the roast-leach method. **Int. J. Miner. Process.**, 38:111-123.

MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F.. **Química e mineralogia do solo.** . Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009.

NASCIMENTO, M. **Desenvolvimento de método para extração de potássio a partir de feldspato potássico.** 2004. 113 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

NASCIMENTO, M.; LOUREIRO, F.E.L. 2004. **Fertilizantes e sustentabilidade: o potássio na agricultura brasileira, fontes e rotas alternativas.** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 66 p. (Série Estudos e Documentos, 61).

RESENDE, A. V. SUPRIMENTO DE POTÁSSIO E PESQUISA DE USO DE ROCHAS “IN NATURA” NA AGRICULTURA BRASILEIRA. **Espaço & Geografia**, Brasília-DF. vol. 9, n. 1. 19-42 p., 2006.

REZENDE, F. H. S. **Liberação de potássio a partir de micaxisto moído aplicado em solos do cerrado.** 2022.

SANTOS, W. O., Mattiello, E. M., da Costa, L. M., Abrahão, W. A. P., de Novais, R. F., & Cantarutti, R. B. 2015. Thermal and chemical solubilization of verdet for use as potassium fertilizer. **International Journal of Mineral Processing**, 140, 72-78.

SANTOS, W.O. **Solubilização e concentração de potássio do verdet por meio de tratamentos físicos, químicos e biológicos.** 2012. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012. 76p.

SILVA, R. Metamorfismo e rochas metamórficas: conceitos, processos e exemplos. In: Hasui, Y. (Ed.), **Geologia do Brasil**. São Paulo: Beca, 2015.

SOUZA, A. **Aplicações do micaxisto na indústria brasileira.** **Anais do Congresso Brasileiro de Geologia**, 50º CBG, Rio de Janeiro, 2018.

VALARELLI, J. V.; GUARDANI, R. **Estudos experimentais para utilização das rochas potássicas de Poços de Caldas como fertilizantes.** **Fertilizantes**, 3:4-7, 1981.