UniRV- UNIVERSIDADE DE RIO VERDE
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

APLICAÇÃO DE MICAXISTO ASSOCIADO COM FERTILIZANTE ORGÂNICO NA CULTURA DA SOJA COMO FONTE ALTERNATIVA DE ADUBAÇÃO

BEATRIZ CAMPOS MIRANDA
Magister Scientiae

RIO VERDE
GOIÁS - BRASIL
2024

BEATRIZ CAMPOS MIRANDA

APLICAÇÃO DE MICAXISTO ASSOCIADO COM FERTILIZANTE ORGÂNICO NA CULTURA DA SOJA COMO FONTE ALTERNATIVA DE ADUBAÇÃO

Dissertação apresentada à UniRV - Universidade de Rio Verde, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

RIO VERDE
GOIÁS - BRASIL
2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação-- (CIP)

Miranda, Beatriz Campos

Aplicação de Micaxisto associado com fertilizante orgânico na cultura da soja como alternativa de adubação. / Beatriz Campos Miranda. - 2024.
23 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Fernandes Boldrin
Co-Orientadora: Profa. Dra. June Faria Scherrer Menezes

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) — Universidade de Rio Verde - UniRV, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Faculdade de Agronomia, 2024.

Inclui Biografia.
Inclui índice de tabelas e figuras.

1. Agricultura tropical. 2. Potássio extraído de rochas moídas. 3. sustentabilidade. I. Boldrin, Paulo Fernandes. II. Menezes, June Faria Scherrer

CDD:

Elaborada pelo altor

BEATRIZ CAMPOS MIRANDA

APLICAÇÃO DE MICAXISTO ASSOCIADO COM FERTILIZANTE ORGÂNICO NA CULTURA DA SOJA COMO FONTE ALTERNATIVA DE ADUBAÇÃO

Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de Rio Verde, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae.*

APROVAÇÃO: 31 de julho de 2024

PAULO FERNANDES BOLDRIN:32723756866 Assinado de forma digital por PAULO FERNANDES BOLDRIN:32723756866 Dados: 2024.08.28 08:56:25 -03'00'

Prof. Dr. Paulo Fernandes Boldrin
Presidente da Banca Examinadora
Membro – FA/UniRV

June Faria Scherrer Menezes Digitally signed by June Faria Scherrer Menezes DN: CN=June Faria Scherrer Menezes, O=Universidade de Rio Verde, OU=PPGPV, E=june@unirv.edu.br, C=BR Reason: I agree to specified parts of this document Location: PPGPV/UniRV Date: 2024.09.02 08:22:18-03'00' Foxit PDF Reader Version: 2023.2.0

Profª. Drª. June Faria Scherrer Menezes
Membro - FA/UniRV

gov.br Documento assinado digitalmente VERIDIANA CARDOZO GONCALVES CANTAO Data: 28/08/2024 16:43:34-0300 Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profª. Drª. Veridiana Cardoso Gonçalves Cantão
Membro - FA/UniRV

gov.br Documento assinado digitalmente KATYA BONFIM ATAIDES SMILJANIC Data: 28/08/2024 09:34:46-0300 Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profª. Drª. Katya Bonfim Ataides Smiljanic
Membro Externo – UNIFIMES

RESUMO

MIRANDA. Beatriz Campos. UniRV - Universidade de Rio Verde, junho de 2024. **Aplicação de micaxisto associado com fertilizante orgânico na cultura da soja como fonte alternativa de adubação.** Orientador: Prof. Dr. Paulo Fernandes Boldrin

Os remineralizadores de solo, como o micaxisto, são materiais geológicos ricos em nutrientes que podem ser utilizados para melhorar a fertilidade do solo de maneira gradual e sustentada. Objetivou-se avaliar a eficácia da aplicação combinada de micaxisto e fertilizante orgânico no crescimento, desenvolvimento e produtividade em soja. A pesquisa foi realizada durante o ano agrícola 2020/2021 em sistema de cultivo direto de palha. O experimento foi realizado em delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. Aplicou-se seis doses de micaxisto (T1 - controle: 0,0 Mg ha^{-1}; T2: 2,0 Mg ha^{-1}; T3: 4,0 Mg ha^{-1}; T4: 6,0 Mg ha^{-1}; T5: 8,0 Mg ha^{-1}; T6: 10,0 Mg ha^{-1}) combinados com 4,0 Mg ha^{-1} de fertilizante orgânico, em todas as doses de micaxisto. Foram avaliados a população de plantas, índice fotossintético, altura da planta, altura de inserção da primeira vagem, número de ramos, número de vagens por planta, massa de mil grãos, produtividade e o teor de nitrogênio (N) e potássio (K) nos grãos. Conclui-se que a aplicação de doses da rocha micaxisto para o solo estudado, não influenciou na população de plantas, índice fotossintético, altura de plantas, altura de inserção da primeira vagem, número de galhos, número de vagens por planta, produtividade e nos teores de N e K nos grãos. A aplicação de doses da rocha micaxisto para o solo estudado, promoveu aumento da massa de mil grãos de soja até a dosagem de 6,2 Mg ha^{-1} de micaxisto.

Palavras-chave: Agricultura tropical, Potássio extraído de rochas moídas, Sustentabilidade.

ABSTRACT

MIRANDA. Beatriz Campos. UniRV - University of Rio Verde, June 2024. **Application of mica schist associated with organic fertilizer in soybean crops as an alternative source of fertilization.** Advisor: Prof. Dr. Paulo Fernandes Boldrin

Soil remineralizers, such as mica schist, are nutrient-rich geological materials that can be used to gradually and sustainably improve soil fertility. The objective of this study was to evaluate the effectiveness of the combined application of mica schist and organic fertilizer on soybean growth, development, and productivity. The research was carried out during the 2020/2021 agricultural year in a no-till straw system. The experiment was carried out in a randomized block experimental design, with four replications. Six doses of mica schist were applied (T1 - control: 0.0 Mg ha-1; T2: 2.0 Mg ha-1; T3: 4.0 Mg ha-1; T4: 6.0 Mg ha-1; T5: 8.0 Mg ha-1; T6: 10.0 Mg ha-1) combined with 4.0 Mg ha-1 of organic fertilizer, in all mica schist doses. The plant population, photosynthetic index, plant height, height of insertion of the first pod, number of branches, number of pods per plant, weight of a thousand grains, productivity and the nitrogen (N) and potassium (K) content in the grains were evaluated. It was concluded that the application of doses of mica schist rock to the studied soil did not influence the plant population, photosynthetic index, plant height, height of insertion of the first pod, number of branches, number of pods per plant, productivity and the N and K contents in the grains. The application of doses of mica schist rock to the studied soil promoted an increase in the weight of a thousand soybean grains up to the dosage of 6.2 Mg ha-1 of mica schist.

Keywords: Tropical agriculture, Potassium extracted from ground rocks, Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*) é uma das culturas mais importantes do mundo, desempenhando um papel crucial na alimentação humana e animal, bem como na produção de biocombustíveis. No Brasil, a soja é um dos principais produtos agrícolas, com vastas áreas de cultivo principalmente nas regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste.

A demanda crescente por práticas agrícolas sustentáveis tem incentivado à busca por alternativas aos fertilizantes minerais tradicionais, como o uso de fertilizantes orgânicos e remineralizadores de solo, a exemplo do micaxisto.

O micaxisto é uma rocha brasileira com potencial uso como remineralizador de solo, apresenta em sua constituição minerais essenciais às plantas, com ênfase no potássio (K). Quando aplicado ao solo, ele libera lentamente esses nutrientes, contribuindo para a nutrição vegetal ao longo do tempo. Pesquisas indicam que o micaxisto pode melhorar a fertilidade do solo e aumentar a produtividade das culturas (Moura et al., 2019). Seu uso associado com fertilizantes orgânicos potencializa os benefícios de ambos, proporcionando um suprimento balanceado de nutrientes e melhorando a saúde geral do solo.

Os fertilizantes orgânicos são derivados de materiais de origem vegetal e animal, como esterco e resíduos de colheitas. São valorizados por sua ação como condicionador do solo em melhorar a estrutura do solo, aumentar a capacidade de retenção de água e fornecer nutrientes de forma lenta e contínua. Estudos têm mostrado que a utilização de fertilizantes orgânicos pode aumentar a biodiversidade do solo e promover o crescimento saudável das plantas (Silva et al., 2017). Além disso, eles ajudam a reduzir a dependência aos fertilizantes minerais, cuja produção é finita e podem estar associados a impactos ambientais significativos.

A combinação de micaxisto com fertilizantes orgânicos na cultura da soja apresenta várias vantagens, essa prática pode aumentar a eficiência do uso de nutrientes, pois o micaxisto atua como fonte de liberação lenta de nutrientes, complementando a disponibilidade imediata dos nutrientes fornecidos pelos fertilizantes orgânicos. Isso garante o crescimento uniforme das plantas e possibilitando aumentar os rendimentos (Carvalho et al., 2020), e diminui o consumo de fontes minerais convencionais.

Outro aspecto importante é a sustentabilidade. A utilização de fertilizantes orgânicos e remineralizadores como o micaxisto está alinhada com práticas agrícolas sustentáveis. Eles reduzem a necessidade de insumos minerais sintéticos, cuja produção

e aplicação podem gerar impactos negativos, como a poluição do solo e da água, se houver uma superdosagem, a emissão de gases de efeito estufa e a degradação da saúde do solo, principalmente quando aplicados sem critérios técnicos (Hentz e Carvalho, 2016).

A adoção dessas práticas pode ainda trazer benefícios econômicos para os agricultores. Embora os custos iniciais de aplicação de fertilizantes orgânicos e remineralizadores possam ser maiores comparados aos fertilizantes minerais tradicionais, os benefícios em longo prazo, podem compensar esses custos. Além disso, práticas agrícolas sustentáveis são cada vez mais valorizadas pelos mercados internacionais, podendo agregar valor aos produtos agrícolas (Oliveira et al., 2019).

A introdução de micaxisto e fertilizantes orgânicos na cultura da soja também promove a conservação dos recursos naturais. O uso de fontes de nutrientes de liberação lenta e materiais orgânicos reduz o risco de lixiviação de nutrientes para os corpos d'água, ajudando a preservar a qualidade da água. Além disso, a manutenção da saúde do solo contribui para a conservação da biodiversidade e para a mitigação das mudanças climáticas (Silva et al., 2020).

A cultura da soja pode se beneficiar significativamente do uso de micaxisto associado com fertilizantes orgânicos. Essa prática não apenas melhora a nutrição e a produtividade das plantas, mas também promove a sustentabilidade e a resiliência do sistema agrícola. A adoção dessas práticas pode representar um passo importante em direção a uma agricultura mais sustentável e eficiente, beneficiando os agricultores, o meio ambiente e a sociedade como um todo.

Em relação ao que foi exposto, o objetivo desta investigação foi avaliar a eficácia dos fertilizantes de solo, especificamente fertilizante orgânico e micaxisto, quando usados em conjunto para o crescimento, desenvolvimento e produtividade das plantas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultura da soja

A soja (*Glycine max*) é uma da cultura amplamente cultivada no mundo, desempenhando um papel fundamental na alimentação humana e animal, bem como em

diversas indústrias. Sua relevância vai além dos aspectos econômicos, abrangendo também implicações sociais e ambientais (Almeida Júnior et al., 2021).

Cerca de 85% da produção mundial de soja é utilizada para a fabricação de farelo de soja, essencial na alimentação de aves, suínos e bovinos (Hartman et al., 2011). Além disso, o óleo de soja é amplamente utilizado na indústria alimentícia e na produção de biodiesel, tornando a soja é uma fonte vital de proteína vegetal e óleo.

Os principais produtores de soja incluem o Brasil, Estados Unidos e Argentina, que juntos respondem por mais de 80% da produção global. A China é o maior importador de soja, utilizada principalmente para alimentação animal e produção de óleo (USDA, 2024). Demostrando que a soja é uma das commodities agrícolas mais comercializadas no mundo.

A soja é uma leguminosa que possui a capacidade de fixar nitrogênio (N) no solo através da simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*. Esta característica contribui para a melhoria da fertilidade do solo, reduzindo a necessidade de fertilizantes nitrogenados e promovendo a sustentabilidade agrícola (Hungria et al., 2001).

O Brasil é o maior produtor e exportador de soja do mundo, com a cultura desempenhando um papel crucial na economia do país. A soja representa uma significativa parcela das exportações agrícolas brasileiras, gerando bilhões de dólares em receitas anuais (CONAB, 2024).

No Brasil, a produção de soja tem impulsionado o desenvolvimento econômico em diversas regiões, especialmente no Centro-Oeste, Norte e Nordeste. Estados como Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul são os maiores produtores, com significativos investimentos em infraestrutura agrícola e logística (EMBRAPA SOJA, 2023).

A adoção de tecnologias avançadas, como variedades de soja geneticamente modificadas, manejo integrado de pragas e práticas de agricultura de precisão, tem aumentado a produtividade e a sustentabilidade da cultura da soja no Brasil (Alves et al., 2014). Essas inovações ajudam a enfrentar desafios como pragas, doenças e mudanças climáticas.

A expansão da soja no Brasil também traz desafios ambientais, incluindo o desmatamento e a pressão sobre biomas como o Cerrado e a Amazônia. A busca por práticas agrícolas sustentáveis e a implementação de políticas de conservação são essenciais para mitigar esses impactos (Nepstad et al., 2014).

Além das exportações, a soja também é crucial para a indústria de alimentos e biocombustíveis no Brasil. A cadeia produtiva da soja abrange desde a produção de farelo

para ração animal até a fabricação de produtos alimentícios e biodiesel, gerando empregos e movimentando a economia nacional (MAPA, 2019).

Instituições como a Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) têm desempenhado um papel vital no desenvolvimento de tecnologias e práticas agrícolas para a soja. Pesquisas focadas em melhoramento genético, manejo de solo e controle de pragas contribuem para a competitividade e sustentabilidade da soja brasileira (EMBRAPA SOJA, 2023).

No Brasil, a soja é um pilar econômico, gerando receitas de exportação, impulsionando o desenvolvimento regional e promovendo inovação tecnológica. No entanto, a expansão da soja também apresenta desafios ambientais que necessitam de abordagens sustentáveis e políticas de conservação eficazes. A continuidade do sucesso da soja no Brasil dependerá da capacidade de equilibrar produtividade com sustentabilidade, garantindo a viabilidade econômica e a proteção dos recursos naturais (Almeida Júnior et al., 2021).

2.2 Micaxisto como fonte de potássio

De acordo com a categorização estabelecida pela IN 5 de 13 de março de 2016, os remineralizantes de solo são classificados como Basalto Classe "E" no Capítulo 1, Seção II com base na granulometria do produto final, que varia de 0,3 a 1,0 mm. Na Seção III, que se refere às especificações e garantias do produto, o Artigo 4, Subseção I descreve os requisitos que os remineralizantes devem atender para estarem em conformidade. Estas especificações incluem garantias mínimas que devem ser cumpridas.

As características físicas descritas no Anexo I deste guia regulatório são especificadas a seguir:

A exigência é que o percentual peso/peso de II seja igual ou superior a nove por cento em relação à quantidade total de bases, que inclui CaO, MgO e K_2O.

Para atender às especificações exigidas, a relação peso/peso de óxido de K (K_2O) deve ser de pelo menos 1%. Isto é identificado como III nas diretrizes especificadas.
IV - Valor declarado pelo registrante relativo ao potencial de desgaste dos íons hidrogênio (pH). O teor de remineralizante do solo pode ser observado a partir da base total e do teor de K_2O.

O uso de micaxisto pode minimizar algumas situações mais passíveis de ocorrer em fertilizantes minerais como, lixiviação e poluição dos corpos d'água. A adubação com

rochas moídas tem uma liberação gradual de nutrientes, minimizando o risco de contaminação ambiental (Tilman et al., 2002).

A aplicação de fontes alternativas K como o uso de micaxisto por exemplo, pode reduzir a dependência de fertilizantes mineral sintéticos. Isso é particularmente importante em um contexto de crescente preocupação com a sustentabilidade, saúde do solo e uso de novas fonte. A aplicação de micaxisto no solo, pode ser mais sustentável e compatível com práticas agrícolas ecológicas e orgânicas (ALTIERI, 1995).

A nutrição adequada, equilibrada e balanceada é essencial para as culturas e para maximizar a produtividade. Recentemente, o uso de K oriundo de micaxisto, tem ganhado destaque nas pesquisas devido aos seus múltiplos benefícios, destacando-se o potencial de substituição parcial das fontes tradicionais minerais com o cloreto de potássio (KCl) (Almeida Júnior et al., 2021).

O K regula a abertura e fechamento dos estômatos, controlando a transpiração e a retenção de água nas plantas (Marschner, 2012). Assim, plantas bem nutridas com K são mais resilientes e podem manter sua produtividade em condições adversas.

O K participa da fotossíntese, pois ativa enzimas envolvidas na síntese de ATP, a moeda energética das células vegetais. Além disso, o K extraído de rochas moídas contribui para o transporte de açúcares produzidos durante a fotossíntese para outras partes da planta, promovendo o crescimento vegetativo e o desenvolvimento das vagens de soja, influenciando no peso de grãos e na produtividade (Cakmak, 2005).

Estudos demonstram que a aplicação minuciosa de K pode levar a aumentos significativos na produtividade da soja. O K desempenha papel importante no enchimento de grãos, uma vez que o nutriente auxilia no transporte de fotoassimilados pelo floema (Marschner, 2012) contribuindo para um maior peso e qualidade dos grãos (Rosolem & Steiner, 2017), plantas bem nutridas com K apresentam uma maior eficiência na utilização de outros nutrientes, como N e P, resultando em colheitas mais abundantes.

Dessa forma, o K influencia positivamente a qualidade dos grãos de soja, aumentando o teor de proteínas e óleos essenciais, o que é crucial tanto para a indústria de alimentos quanto para a produção de ração animal, em que a qualidade dos grãos impacta diretamente o valor nutricional dos produtos (Malavolta, 2006).

2.3 Fertilizantes orgânicos

A utilização de fertilizantes orgânicos obtidos de compostagens produzidos nas fazendas tem ganhado destaque na agricultura moderna, especialmente na cultura da soja. Esses insumos desempenham um papel crucial na melhoria da qualidade do solo, na sustentabilidade agrícola e na produtividade das culturas (Almeida Júnior et al., 2021).

Os fertilizantes orgânicos aumentam a matéria orgânica, que é fundamental para melhorar a fertilidade e estrutura do solo. A adição de matéria orgânica aumenta a capacidade de retenção de água e aeração do solo, criando um ambiente mais favorável para o desenvolvimento das raízes da soja (Lal, 2015). Um solo bem estruturado facilita a penetração das raízes, o que é essencial para a absorção de nutrientes e água.

Os fertilizantes orgânicos fornecem uma ampla gama de nutrientes para a soja, quando apresenta resíduos vegetais na composição do fertilizante orgânico, disponibilizam todos os nutrientes essenciais para as plantas (Panpatte et al., 2017). A liberação dos nutrientes dos fertilizantes orgânicos ocorre de forma gradual, por meio do processo de mineralização o que ajuda a evitar perdas no sistema e mantém a fertilidade a longo prazo.

A matéria orgânica presente nos fertilizantes orgânicos estimula a atividade microbiana no solo. Microrganismos benéficos, como bactérias e fungos, desempenham um papel vital na decomposição da matéria orgânica e na ciclagem de nutrientes, tornando-os mais disponíveis para as plantas de soja (Pérez-Montaño et al., 2014), cita ainda que a atividade microbiana também contribui para a formação de agregados no solo, melhorando sua estrutura.

O uso de fertilizantes orgânicos pode reduzir a dependência de insumos minerais, como fertilizantes sintéticos e alguns pesticidas. Isso não só diminui os custos de produção, mas também pode reduzir o impacto ambiental associado ao uso excessivo de produtos químicos (Mäder et al., 2002).

A utilização de compostagens e fertilizantes orgânicos produzidos na fazenda promove a sustentabilidade agrícola. Esses insumos são geralmente derivados de resíduos agrícolas e pecuários, o que contribui para a reciclagem de nutrientes e a redução de resíduos (Scotti et al., 2015), além disso, a agricultura orgânica ajuda a conservar a biodiversidade.

O uso de fertilizantes orgânicos é essencial para os agricultores que desejam certificar suas culturas como orgânicas. A certificação orgânica pode abrir novos

mercados e proporcionar benefícios econômicos adicionais, além de promover práticas agrícolas sustentáveis (IFOAM, 2017).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em parceria com a empresa PCA - Pesquisa e Consultoria Agronômica, durante o ano agrícola 2020/2021 em sistema de cultivo direto na palha na fazenda São Leopoldo, no município de Rio Verde, estado de Goiás.

As coordenadas geográficas aproximadas do local de estudo são 17° 30' 34" de latitude sul, 51° 30' 18" de longitude oeste e uma altitude de aproximadamente 922 metros.

A cultura utilizada foi a soja, a variedade é HO APORE, as sementes foram tratadas com agroquímicos: Maxim Cruiser 350 FS (Tiametol, 350 g/L) é um produto comercial na dosagem de 200 mL para 100 kg de sementes; BorreGRO, produto comercial na dosagem de 150 g para 100 kg de sementes. O tratamento foi realizado na própria fazenda antes do plantio.

O experimento foi instalado com o delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições. Foram avaliados o efeito da aplicação micaxisto como fonte de K em seis doses, sendo: T1: 0,0 Mg ha^{-1} (controle); T2: 2,0 Mg ha^{-1}; T3: 4,0 Mg ha^{-1}; T4: 6,0 Mg ha^{-1}; T5: 8,0 Mg ha^{-1}; T6: 10,0 Mg ha^{-1} de micaxisto. Todos os tratamentos, receberam juntamente com a respectiva dose de micaxisto, 4,0 Mg ha^{-1} de fertilizante orgânico.

A parcela experimental foi composta por quatro linhas de oito metros de comprimento cada. Porém, apenas duas fileiras, com seis metros de comprimento, foram consideradas úteis. O espaçamento entre linhas foi de 0,50 metros. Antes da semeadura da cultura, o micaxisto e o fertilizantes orgânico foram distribuídos uniformemente em separado na superfície, sem serem incorporados.

Segundo a classificação de Köppen (2013), o tipo climático da região é e Aw, tropical úmido, com verões chuvosos e invernos secos. A precipitação média anual é de 1980 a 2120 mm, a temperatura média anual é de 26°C e a umidade relativa média é de 68% são apresentados na (Figura 1).

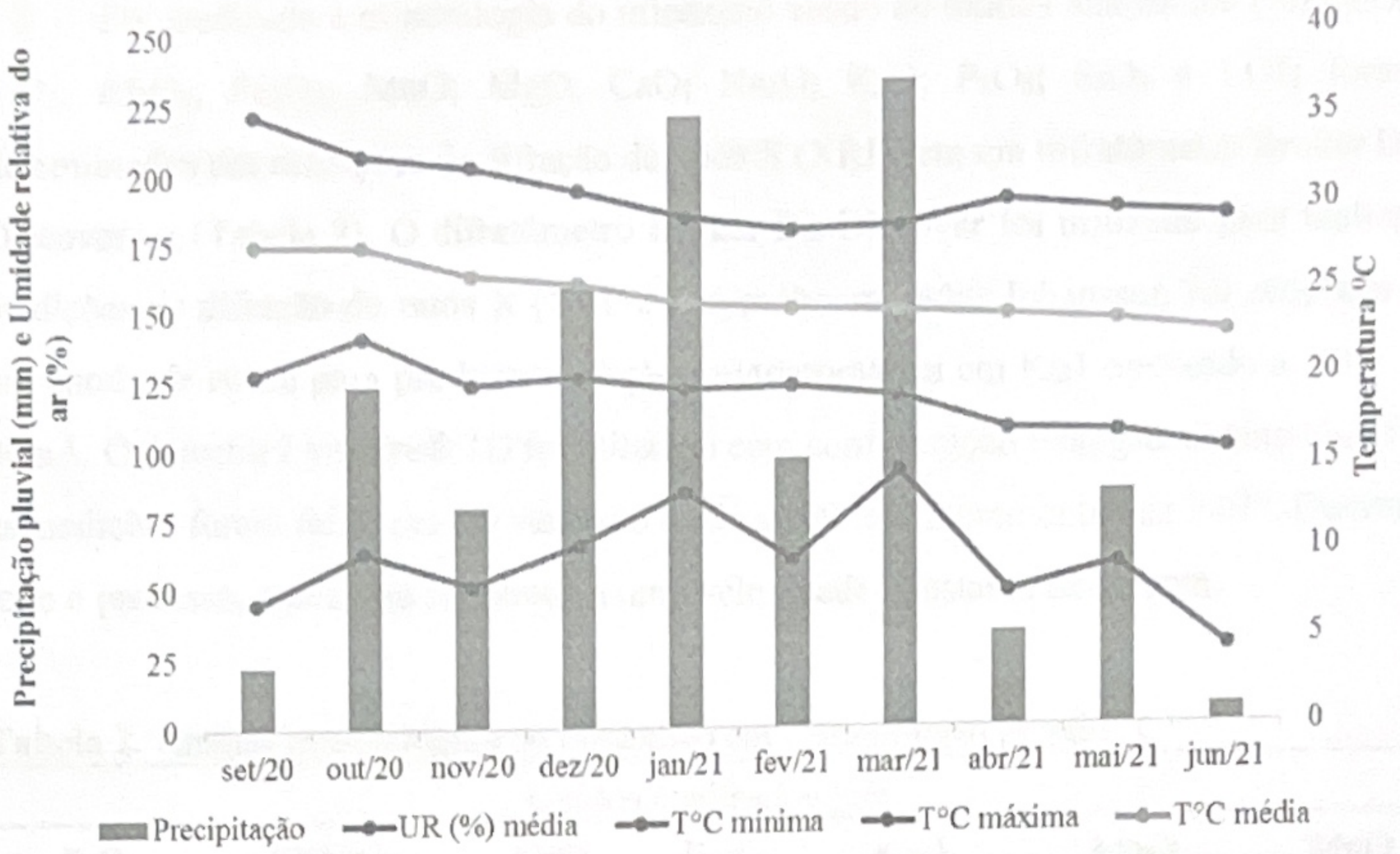


Figura 1. Temperatura máxima média mensal acumulada (°C), temperatura média mensal (°C), temperatura mínima média mensal (°C), precipitação média mensal (mm) e umidade relativa do ar na safra 2020/2021 (%) Média mensal para o município de Montividiu, Estado de Goiás. 2021. (**Fonte:** Agritempo – Sistema de Monitoramento Agrometeorológico, estação meteorológica de Montividiu, estado de Goiás, 2021.)

De acordo com a nova denominação do sistema brasileiro de classificação de solos (EMBRAPA, 2013), os solos dominantes na área são solos lateríticos de textura argilosa, originalmente ocupados por vegetação de cerrado e que são explorados por culturas anuais há mais de 15 anos.

As propriedades do solo foram avaliadas antes da implementação do projeto de pesquisa para compreender as características químicas da parcela experimental. As propriedades químicas do solo (pH, P, K, Ca, Mg, H+Al, Al, SB, V (%) e MO) foram analisadas conforme Raij e Quaggio (2001) e os valores estão expressos na (Tabela 1).

Na (Tabela 1) observa-se os resultados da análise do solo, antes da implantação do experimento.

Tabela 1. Análise físico-química do solo da Fazenda São Leopoldo antes da execução do experimento.

	CaCl2	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H+Al	K	K	P(Mel)	S	B
PROF.	pH	----------cmol$_c$ dm^{-3}----------						----------mg dm^{-3} ----------			
0 – 20	4,6	3.17	2,53	0,64	0,10	6,6	0,29	112	12,0	8,50	0,28
20 – 40	4,6	2,37	1,91	0,46	0,09	6,3	0,27	105	9,4	16,8	0,28
	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	CTC	V	MO	Argila	Silte	Arreia
PROF.	----------mg dm^{-3} Mehlich----------					cmol$_c$ dm^{-3}	%	g dm^{-3}	-------Textura g dm^{-3}------		
0 – 20	1,9	33,7	11,3	5,4	2,7	10,1	34,3	29,3	620	50	330
20 – 40	1,4	31,1	6,4	3,3	2,6	8,9	29,7	24,2	645	50	305

Foi analisada a mineralogia do micaxisto sendo os óxidos analisados (%) (SiO_2; TiO_2; Al_2O_3; Fe_2O_3; MnO; MgO; CaO; Na_2O; K_2O; P_2O_5; SiO_3 e LOI) foram determinados por medições de difração de raios X (XRD) em um difratômetro Bruker D8 Discover na (Tabela 2). O difratômetro Bruker D8 Discover foi utilizado para realizar medições de difração de raios X (XRD). Um monocromador Johansson foi acoplado a um ânodo de cobre para produzir radiação monocromática em Kα1 operando a 40kV e 40mA. O detector Lynxeye® 1D foi utilizado com configuração Bragg-Brentano Ø-2Ø e as medições foram feitas em 2Ø variando de 5° a 100° em incrementos de 0,01°. Durante todo o processo, a amostra foi girada a uma velocidade constante de 15 rpm.

Tabela 2. Análise mineralógica do micaxisto em difratômetro de raio X.

Óxidos analisados (%)						
P_2O_5	SiO Ac.	CaO	Fe_2O_2	K_2O	MgO	MnO
0,2	30,2	3.3	3,9	3,7	2,3	0,6
elementos (mg kg^{-1})						
Co	Ni	Cu	Se	Zn	B	Mo
22,4	64	50	0,1	50	100	25,2

As propriedades biológicas do solo foram avaliadas antes da implantação do projeto de pesquisa, para compreensão das propriedades biológicas da área experimental. Foi realizada análise BioAS, em amostras de solo foram coletadas em camadas de 0,0 a 0,10 metros de profundidade e foram realizados com seguintes parâmetros, teor de aril sulfatase, enzimas do ciclo beta, matéria orgânica do solo, IQS (Índice de Qualidade do Solo) fertbio, IQS biológico, IQS químico, ciclagem de nutrientes, armazenamento de nutrientes e fornecimento de nutrientes.

Os resultados do conteúdo biológico obtidos na análise do BioAS foram considerados nas categorias alto e muito alto, este solo vem sido cultivado com culturas anuais a mais de 30 anos no sistema de plantio direto na palha, tratos culturais como cobertura na entre safra e uso de biológicos no sulco de plantio e parte aérea das culturas nas cincos safras anteriores. As análises foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo Exata e os resultados expostos na (Tabela 3).

Tabela 3 Análise BioAS do solo da Fazenda São Leopoldo antes de realizar o experimento.

TRAT	PROF	ARIL	BETA	MOS	IQS F	IQSB	IQSQ	CN	AN	SN
T1	0 – 10	222	79	31	0,76	0,70	0,78	0,70	0,62	0,95
T2	0 – 10	213	66	31	0,79	0,71	0,83	0,71	0,69	0,96
T3	0 – 10	239	74	30	0,76	0,70	0,79	0,70	0,65	0,92
T4	0 – 10	247	130	33	0,87	0,85	0,88	0,85	0,81	0,96
T5	0 – 10	254	126	30	0,88	0,89	0,87	0,89	0,86	0,88
T6	0 – 10	263	154	33	0,88	0,89	0,88	0,89	0,81	0,96

Muito alto	Alto	Médio	Baixo	Muito Baixo
0,81 a 1	0,61 a 0,80	0,41 a 0,60	0,21 a 0,40	0 a 0,20

TRAT: tratamento; PROF: profundidade (cm); ARIL: aril sulfato (enzima); BETA: beta glicosidase (enzima); MOS: matéria orgânica do solo; IQSF: índice de qualidade do sítio Fertibio; IQSB: índice de qualidade do sítio biológico; IQSQ: Químico índice de qualidade do local; CN: ciclo de nutrientes; AN: armazenamento de nutrientes; SN: fornecimento de nutrientes.

O fertilizante orgânico foi produzido na própria fazenda (on farm), utilizando os seguintes componentes, cama aviária, esterco bovino, potássio de Montes Claro (KMC), gesso agrícola, calcário agrícola, fosfato natural reativo e fungos e bactérias para aumentar a decomposição dos componentes orgânico, foi acondicionado em fileiras de 500 metros de comprimentos, com 3 metros de largura e 2 metros de altura, por 3 a 4 meses e misturados com equipamento especifico para leras sempre que alcançava 70 a 80 graus célsius para abaixar a temperatura e aerar a leira, eliminando fungos, bactérias e sementes indesejáveis para compostagem.

Os resultados dos elementos químicos encontrados no fertilizante orgânico aplicado no experimento são apresentados na (Tabela 4).

Tabela 4. Análise da constituição do fertilizante orgânico.

Nutrientes (%)						
P_2O_5	N	Ca	S	K_2O	Mg	Mn
3,5	2,0	2,8	0,4	3,0	1,0	0,04
Zn	B	Cu				
0,03	0,02	0,04				

Compostos (%)				
Ácido húmico	Ácido Fúlvicos	Aminoácidos	Carbono orgânico	Matéria orgânica
10	4,0	3,8	22	62

A aplicação do micaxisto e do fertilizante orgânico foram distribuídos em separadas, à lanço, em área total, dois meses antes da semeadura sem incorporação.

A avaliação da população de plantas foi realizada 30 dias após a germinação (DAG). Já o estudo da biometria da parte aérea da planta foi realizado no estádio fenológico R5, que é o estágio em que as vagens estão completamente desenvolvidas. A avaliação da produtividade, expressa em quilogramas por hectare, foi realizada no estádio fenológico R8, quando 95% das vagens apresentam coloração madura e a análise nutricional dos grãos quando o chegou a 14% de umidade. Todos os dados relativos às características agronômicas da planta, que incluem população de plantas, índice fotossintético, altura da planta, altura de inserção da primeira vagem, número de ramos, número de vagens por planta e massa de mil grãos, foram coletados fora da área útil da parcela experimental, utilizando 5 plantas coletadas ao acaso dentro da parcela útil.

Os índices de clorofila foram determinados no estádio fisiológico R5, que é o estágio em que as vagens estão completamente desenvolvidas, onde foram coletadas 5 folhas de cada planta em 5 plantas por parcela, utilizando um aparelho (SPAD 502).

Com os grãos coletados das 5 plantas por parcela foi realizada análise dos teores de N e K nos grãos de soja. Os teores de K, foram determinados após digestão nitro-perclórica (MALAVOLTA et al., 1997). No extrato, os teores totais de K foi determinado em fotômetro de chama. A determinação do N, foi realizada após digestão com ácido sulfúrico pelo método de Kjeldahl (MALAVOLTA et al., 1997).

Os dados obtidos foram submetidos à ANOVA ($p<0,05$) e aplicou-se regressão polinomial ($p<0,05$) para verificar o efeito das doses. Utilizou-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das médias para as variáveis população de plantas, índice fotossintético e altura de plantas, não foram significativas na análise de variância (Tabela 5).

Tabela 5. Valores médios da população de plantas, índice fotossintéticos e altura de plantas em função das doses remineralizante micaxisto e fertilizante orgânico.

TRAT.	D Mg ha^{-1}	PP	IF	AP (cm)
T1	zero	13,50ns	42,00ns	68,25ns
T2	2,0 + 4,0	13,00ns	42,25ns	72,75ns
T3	4,0 + 4,0	13,25ns	42,25ns	71,00ns
T4	6,0 + 4,0	13,50ns	41,50ns	73,75ns
T5	8,0 + 4,0	13,75ns	42,75ns	74,75ns

T6	10,0 + 4,0	14,50ns	38,75ns	72,00ns
CV (%)	-	13,44	10,13	6,76
DMS	-	4,20	9,68	11,20

TRAT.: Tratamentos; D Mg ha^{-1}: Dose em megagrama por hectare; PP: População de planta; IF: Índice fotossintéticos; AP: Altura de plantas; ns: não significativo (teste Tukey, $p<0,05$).

Dettmer et al. (2020) estudaram culturas de milho segunda safra tratadas com fertilizante solúvel, formulação 07.07.07 (NPK) mais 03 Ca e 07 S na dose de 0,28 Mg ha^{-1} na base de plantio; remineralizador basáltico, aplicação a lanço em novembro de 2018, em substituição a 2 Mg ha^{-1}, aplicado em setembro de 2019, e 6 Mg ha^{-1} remineralizador basáltico, aplicação a lanço em novembro de 2018, em substituição a 2 Mg ha^{-1}, aplicação a lanço em setembro de 2019. Os autores não observaram diferenças entre os tratamentos testados para a variável técnica população de plantas. Os resultados mostraram que a plantabilidade, a germinação e a sobrevivência das sementes estavam dentro do esperado, sem alteração na população, conforme especificado pela variedade. Vendruscolo et al. (2021) encontraram resultados semelhantes em culturas de leguminosas (feijoeiro), utilizando ácido nicotínico como indutor de fotossíntese e não encontraram diferenças significativas entre os tratamentos testados, também relataram que ambos os experimentos foram conduzidos e neste os tratamentos foram definidos em ambos os experimentos pela administração de niacina e/ou tiamina em cinco doses diferentes (0,00, 5,00, 10,00, 15,00 e 20,00 mg kg^{-1}). Resultado contrário foi registrado em estudo de Amaral et al. (2020) utilizando biofertilizante pó de pedra e esterco de vaca encontrou diferenças significativas na altura das plantas, indicando que fatores bióticos e abióticos não interferiram no desenvolvimento de plantas saudáveis, o que permitiu expressar seu perfil genético.

Para as variáveis altura de inserção da primeira vagem, número de ramos ou número de vagens por planta não houve efeito significativo (Tabela 6).

Tabela 6. Valores médios da altura de inserção da primeira vagem, número de galhos e número de vagens por planta em função das doses remineralizante micaxisto e fertilizante orgânico.

TRAT.	**D Mg ha^{-1}**	**AIPV (cm)**	**NG**	**NVPP**
T1	zero	4,75ns	2,25ns	52,75ns
T2	2,0 + 4,0	4,75ns	2,75ns	55,25ns

T3	4,0 + 4,0	4,75ns	2,25ns	56,00ns
T4	6,0 + 4,0	4,75ns	2,50ns	59,00ns
T5	8,0 + 4,0	4,75ns	2,00ns	57,75ns
T6	10,0 + 4,0	5,00ns	2,25ns	55,50ns
CV (%)	-	9,78	24,74	12,48
DMS	-	1,08	1,33	16,08

TRAT.: Tratamentos; D Mg ha^{-1}: Dose em megagrama por hectare; AIPV: Altura de inserção da primeira vagem; NG: Número de galhos; NVPP: Número de vagens por planta; ns: não significativo (teste Tukey, $p<0,05$).

Resultado contrário foi alcançado por estudo realizado por Almeida Júnior et al. (2020), em que foram testadas diferentes doses de pó de rocha na lavoura da soja. Observou-se diferença significativa na variável altura da inserção da primeira vagem. Resultado contrário foi alcançado por Amaral et al. (2020), que realizaram pesquisas sobre o cultivo da soja utilizando rocha em cominuição como biofertilizante e esterco bovino como inoculante em diferentes doses. Os autores afirmaram que o número de grãos por planta era diferente, também já que a combinação de pó de rocha utilizado na soja com esterco bovino teve valor maior que qualquer um dos outros dois tratamentos aplicados separadamente. Efeito contrário foi obtido pela pesquisa realizada por Amaral et al. (2020), que utilizou pó de rocha como biofertilizante associado ao esterco bovino e inoculante líquido no cultivo da soja, os autores observaram diferença significativa no número de vagens por planta, afirmaram ainda que a combinação do pó de rocha com o biofertilizante apresentou maior valor nutricional do que quando utilizado isoladamente.

O alto teor inicial elevado de K na área experimental, certamente contribuiu para que não fosse possível observar diferenças entre os tratamentos. O teor de K identificado na análise de solo foi de 112 mg dm^{-3} e o nível critico para o elemento é de 80 mg dm^{-3} assim, quando o teor de um elemento se encontra acima no nível crítico, não são esperadas respostas das plantas para a aplicação desse nutriente.

Para produtividade de grãos de soja, que não foi observada diferença significativa entre os tratamentos testados (Tabela 7).

Tabela 7. Valores médios do Massa de mil grãos e produtividade em função das doses remineralizante micaxisto e fertilizante orgânico.

TRAT.	**D Mg ha^{-1}**	**MMG (g)**	**Produt. kg ha^{-1}**
T1	zero	147,50 b	3.850ns
T2	2,0 + 4,0	157,25 ab	3.817ns
T3	4,0 + 4,0	162,75 ab	3.888ns

T4	6,0 + 4,0	170,25 a	4.658ns
T5	8,0 + 4,0	160,25 ab	4.267ns
T6	10,0 + 4,0	159,25 ab	4.404ns
CV (%)	-	4,23	11,15
DMS	-	15,50	1062,72

TRAT.: Tratamentos; D Mg ha^{-1}: Dose em megagrama por hectare; PMG: Massa de mil grãos; Produt. kg ha^{-1}: Produtividade em quilogramas por hectare; ns: não significativo (teste Tukey, $p<0,05$).

Levando-se em consideração que a média (T4) de 4.658 kg ha^{-1} é uma média muito alta para o padrão regional (3.900 kg ha^{-1}), e nacional (3.500 kg ha^{-1}), sendo que, este foi o primeiro ano da introdução da tecnologia na área. Em trabalho realizado por Bizão, (2014), aplicando micaxisto FMX nas doses de 3 a 20 Mg ha^{-1} obteve resultados semelhante ao desse trabalho.

Almeida Júnior et al. (2021), com a substituição dos fertilizantes convencionais soluveis pelo K de micaxisto, encontraram na área plantada que a cultura da soja manteve suas propriedades agronômicas e principalmente a produtividade, os resultados mostraram uma diferença de 684 quilos, ou 11,4 sacas a mais por hectare, entre o tratamento com maior dose e o controle absoluto "dose zero".

Para a massa de mil grãos foi observado diferença significativa entre os tratamentos utilizados, onde o melhor tratamento foi expresso no T4 com uma média de 170,25 gramas, em que o melhor tratamento com menor média foi obtido no tratamento T1 controle absoluto "dose zero", com uma média de 147,50 gramas. Fica evidente na a curva polinomial de segunda ordem, que o ponto de máxima eficiencia fisica foi alcançado quando aplicou-se com 6,2 Mg ha^{-1} por hectare do micaxito em associassão com fertilizante orgânico (Figura 2). Em trabalho realizado por Amaral et al. (2020) na cultura da soja com biofertilizante remineralizador de solo e esterco bovino mais inoculante líquido em diferentes doses, obteve diferença significativa para a massa de mil grãos corroborando com os dados obtido neste trabalho, os autores afirmam ainda que o associação entre remineralizadores de solo com esterco bovino pode obter maiores valores do que aplicado em separado.

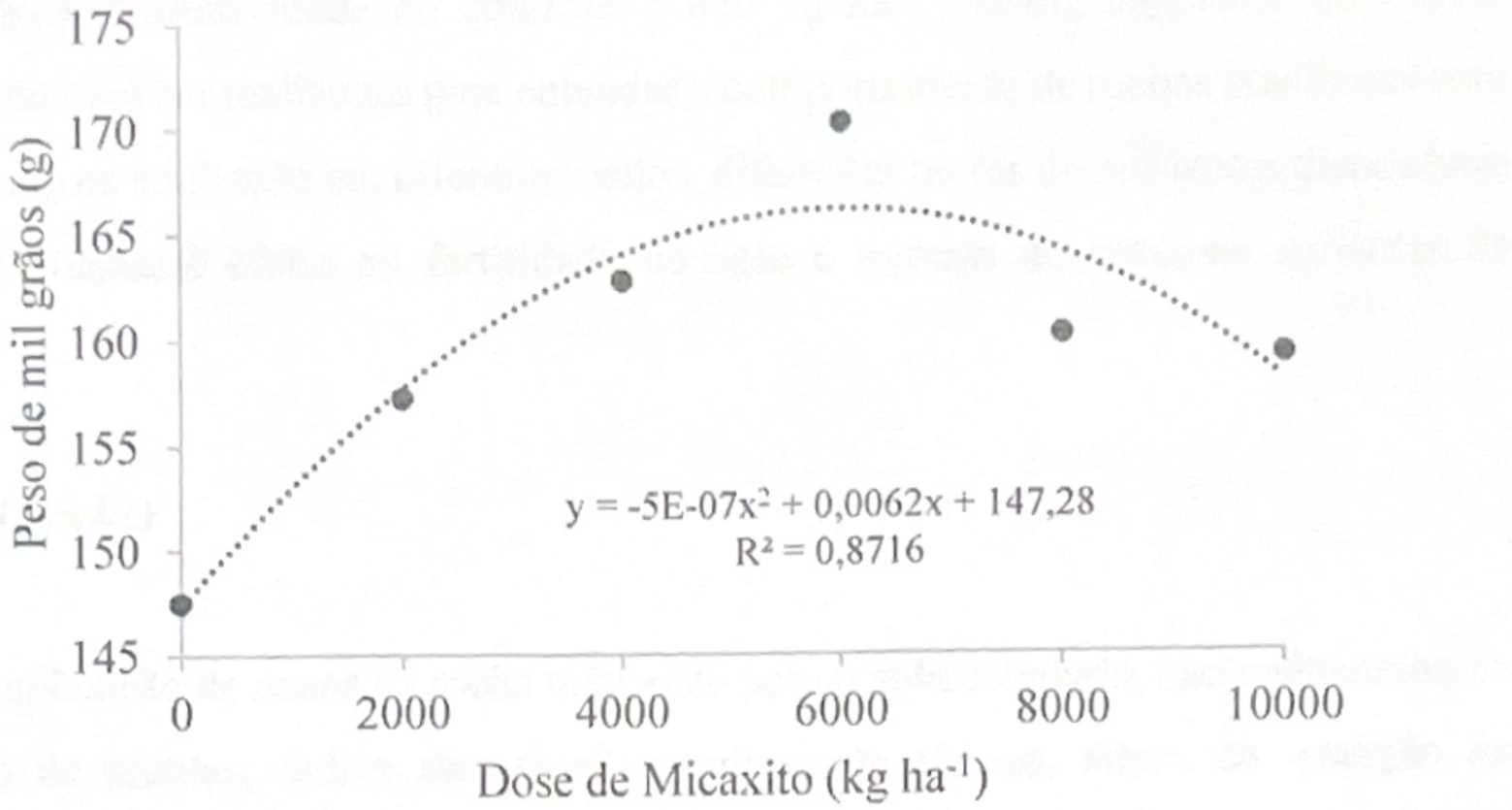


Figura 2. Massa de mil grãos em função da aplicação de micaxisto.

Os teores de N e K nos grãos de soja analisados não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos avaliados (Tabela 8).

Tabela 8. Valores médios dos teores de N e K em grão de soja em função da aplicação de micaxisto.

TRAT.	D Mg ha^{-1}	N g kg^{-1}	K g kg^{-1}
T1	zero	382,81ns	23,75ns
T2	2,0 + 4,0	392,95ns	22,30ns
T3	4,0 + 4,0	394,96ns	23,03ns
T4	6,0 + 4,0	378,96ns	24,21ns
T5	8,0 + 4,0	392,92ns	22,28ns
T6	10,0 + 4,0	398,99ns	22,57ns
CV (%)	-	3,49	8,23
DMS	-	31,31	4,35

TRAT.: Tratamentos; D Mg ha^{-1}: Dose em megagrama por hectare; N g kg^{-1}: nitrogênio gramas por quilograma de grãos; K g kg^{-1}: potássio gramas por quilograma de grãos; ns: não significativo. (teste Tukey, $p<0,05$).

Os resultados obtidos com este projeto de pesquisa sinalizam o efeito promissor do uso do micaxisto como um remineralizador no solo, uma vez que aplicação das doses crescente desta rocha no solo, possibilitou aumento da produtividade considerando uma confiabilidade pelo teste Tukey de 10%. Notadamente, quando se observa a maior produtividade, 4.658 kg ha^{-1} alcançada com aplicação de 6 Mg ha^{-1} de micaxisto em

comparação à produtividade do controle, 3.850 kg ha^{-1}. Assim, sugere-se que novas pesquisas possam ser realizadas para entender o comportamento de rochas brasileiras com potencial uso na adubação em diferentes solos, diferentes teores de nutrientes disponíveis no solo e potencial efeito na fertilidade do solo e manejo de sistemas agrícolas de produção.

5 CONCLUSÃO

A aplicação de doses da rocha micaxisto para o solo estudado, não influenciou na população de plantas, índice fotossintético, altura de plantas, altura de inserção da primeira vagem, número de galhos, número de vagens por planta e produtividade.

A aplicação de doses da rocha micaxisto para o solo estudado, promoveu aumento da massa de mil grãos de soja até a dosagem de 6,2 Mg ha^{-1} de micaxisto.

6 AGRADECIMENTOS

Agradecimentos especiais ao Sandro José Henkez, engenheiro agrônomo e proprietário da fazenda em São Leopoldo pela disponibilização da área, insumos necessários, máquinas agrícolas e seus operadores para a execução do projeto, aos diversos componentes do PCA – Pesquisa e Consultoria Agronômica pela participar direta ou indiretamente na implementação e desenvolvimento do projeto, a CAPES por oferecer bolsa de estudo para cursar o mestrado no Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal na UniRV, a UniRV por disponibilizar o laboratório Multiusuários I para realização das análises.

7 REFERENCIAS

ALMEIDA JÚNIOR, J. J; LAZARINI, E; SMILJANIC, K. B. A; SIMON, G. A; MATOS, F. S. A; BARBOSA, U. R; SILVA, V. J. A. **Analysis of technological variables in soybean cultivation (glycine max) using soil remineralizer as fertilizer.** Brazilian Journal of Development. Curitiba, v. 6, n. 8, p. 56835-56847 aug. 2020. ISSN 2525-8761. DOI:10.34117/bjdv6n8-190

ALMEIDA JÚNIOR, J. J; SMILJANIC, K. B. A; MATOS, F. S. A; PEROZINI, A. C; SILVA, R. F; ARAÚJO, S. L; DUTRA, J. M; Use of mica schist as a soil remineralizer in the central-western region of Brazil for soybean cultivation. Sustainable and profitable agriculture / Organizer Joaquim Júlio de Almeida Júnior. Ponta Grossa - PR: Atena, 2021. ISBN 978-65-5983-197-5. DOI 10.22533/at.ed.9752116062.

ALTIERI, M. A. (1995). **Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture**. CRC Press. ISBN 10: 0813317185 / ISBN 13: 9780813317182 Published by Westview Press, 1995.

ALVES, B. J. R., et al. (2014). "Precision agriculture and technological innovation in soybean cultivation." Brazilian Journal of Agricultural Sciences. https://doi.org/10.1590/S0103-84782002000100027.

AMARAL, G. C; BERTI, M. P. S; SILVA, A. A; SILVA JUNIOR, G. S; CUSTÓDIO, J. C; PEIXOTO, W. A. **Agronomic characteristics of soybeans as a function of fertilization with rock dust and biofertilizer.** v.29, n.4, p.437-447, 2020. ISSN 0104-1010. http://dx.doi.org/10.32929/2446-8355.2020v29n4p437-447.

BIZÃO, A. A. Silicate agrominerals as suppliers of K and other nutrients for soybeans and millet in a Red-Yellow Oxisol. Dissertation (Master's Degree in Agricultural Sciences - Agronomy) – Postgraduate Program in Agricultural Sciences at the Federal Institute of Education, Science and Technology Goiano – Rio Verde Campus, 2014. 61f.

CAKMAK, I. (2005). **The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants**. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 168(4), 521-530. **https://doi.org/10.1002/jpln.200420485**

CARVALHO, J. L. N., et al. (2020). "Effects of soil remineralizers on soybean productivity." Brazilian Journal of Soil Science. ISSN: 1806-9657

CONAB (2024). National Supply Company. "Monitoring the Brazilian grain harvest." v.9 – 2021/22 harvest, nº7 – Seventh survey - April 2022., Brasília, 94p. ISSN 2318-6852 Available at file:///C:/Users/user/Downloads/E-book_BoletimZdeZSafrasZ-Z7oZlevantamento-compactado.pdf on: June 21, 2024.

DETTMER, C. A; GUILHERME, D. O; NETO, J. F; DETTMER, T. L; ABREU, U. G. P. Productivity in off-season corn using "rock dust" as a source of fertilizer. 5th International Congress of Agricultural Sciences. 2020. Dom Bosco Catholic University. Campo Grande, MS. ISSN: 2526-7701. DOI: 10.31692/2526-7701.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília**, 2013. 353 p. 3ª edição. ISBN 978-85-7035-198-2.

EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil**. 2023. Londrina: Embrapa Soja & Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2023. 347p. ISSN 2176-2902; n. 17.

FERREIRA, D. F; **SISVAR: A Guide for its Bootstrap procedure in multiple comparisons**. *Ciência e Agrotecnologia.* [online]. 2014, vol.38, n.2, pp. 109-112. Disponível em: ISSN 1413-7054. https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542014000200001&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 13/07/2020.

HARTMAN, G. L., WEST, E. D., & HERMAN, T. K. (2011). "**Cropping systems: Integrated practices**." Soybeans: Improvement, Production, and Uses. https://doi.org/10.1007/s12571-010-0108-x

HENTZ, P.; CARVALHO, N. L. Environmental impacts of organic fertilization in agricultural systems in the southern Brazilian region. Magazine of the Center for Natural and Exact Sciences - UFSM, Santa Maria.e-ISSN 2236 1170 - V. 18 n. 1 Apr 2014, p.340-352. http://dx.doi.org/10.5902/2236117012367

HUNGRIA, M., CAMPO, R. J., & MENDES, I. C. (2001). "**Fixação biológica de nitrogênio em soja**." Embrapa Soja, Londrina, PR. ISSN 1516-7860.

IFOAM - INTERNATIONAL FEDERATION OF ORGANIC AGRICULTURE MOVEMENTS. Genetic Engineering and Genetically Modified Organisms. Bonn: IFOAM Organics International 2017. Available: https://www.ifoam.bio/sites/default/files/202003/position_genetic_engineering_and_gmos.pdf Accessed: 25 Oct. 2023.

LAL, R. (2015). Restoring soil quality to mitigate soil degradation. Sustainability, 7(5), 5875-5895. https://doi.org/10.3390/su7055875.

MÄDER, P., et al. (2002). Soil fertility and biodiversity in organic farming. Science, 296(5573), 1694-1697. DOI: 10.1126/science.1071148

MALAVOLTA, E (2006). Manual of mineral nutrition of plants. São Paulo, Agronomica Ceres. 638 p. ISBN: 85-318-0047-1.

MAPA (2019). Ministry of Agriculture, Livestock and Supply. "The importance of soybeans for the Brazilian economy." ISSN 2357-9684.

MARSCHNER, Horst (Ed.). Marschner's mineral nutrition of higher plants. Academic press, 2012. ISBN 978-0-12-384905-2.

MOURA, A. P., et al. (2019). "Mica schist as a source of nutrients for agriculture." Rural Science. ISSN: 1678-4596.