

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

MAYARA COSTA COUTINHO

REMINERALIZADOR DE SOLO E SEUS EFEITOS SOBRE O TEOR DE FÓSFORO NAS
FOLHAS EM DIFERENTES TEXTURAS DO SOLO NA PRODUTIVIDADE DO MILHO

Monte Carmelo

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

MAYARA COSTA COUTINHO

REMINERALIZADOR DE SOLO E SEUS EFEITOS SOBRE O TEOR DE FÓSFORO NAS FOLHAS, EM DIFERENTES TEXTURAS DO SOLO NA PRODUTIVIDADE DO MILHO

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como requisito necessário para a obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador (a): Douglas José Marques.

Monte Carmelo

2024

MAYARA COSTA COUTINHO

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

C871 Coutinho, Mayara Costa, 1997-
2024 REMINERALIZADOR DE SOLO E SEUS EFEITOS SOBRE O TEOR DEFÓSFORO NAS FOLHAS, EM DIFERENTES TEXTURAS DO SOLO NA PRODUTIVIDADE DO MILHO [recurso eletrônico] : REMINERALIZADOR DE SOLO E SEUS EFEITOS SOBRE O TEOR DEFÓSFORO NAS FOLHAS, EM DIFERENTES TEXTURAS DO SOLO NA PRODUTIVIDADE DO MILHO / Mayara Costa Coutinho. - 2024.

Orientador: Douglas José Marques.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação)
- Universidade Federal de Uberlândia,
Graduação em Agronomia.

Modo de acesso:
Internet. Inclui
bibliografia.

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

MAYARA COSTA COUTINHO

REMINERALIZADOR DE SOLO E SEUS EFEITOS SOBRE O TEOR DE FÓSFORO NAS
FOLHAS EM DIFERENTES TEXTURAS DO SOLO, NA PRODUTIVIDADE DO MILHO

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de
Agronomia da Universidade Federal de
Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como
requisito necessário para a obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

Banca Examinadora

Douglas José Marques
Orientador

Professor Doutor Hudson Carvalho Bianchini
Membro da Banca

Marco Iony dos Santos Fernandes
Membro da Banca

Monte Carmelo

2024

Dedico este trabalho aos meus pais, pela incansável dedicação, apoio incondicional e amor que sempre me proporcionaram. Aos agricultores e profissionais do campo, que inspiraram minha escolha pela Agronomia. Que este trabalho possa contribuir, mesmo que modestamente, para o avanço da agricultura e para a melhoria da qualidade de vida daqueles que dependem dela.

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste Trabalho de Conclusão de Curso marca não apenas o fim de uma jornada acadêmica, mas também o início de uma nova fase repleta de aprendizado e desafios. Gostaria de expressar minha profunda gratidão a todos que contribuíram para o sucesso deste trabalho.

Aos meus pais, cujo apoio inabalável foi a luz guia ao longo desses anos. Suas palavras de incentivo e amor foram a força motriz por trás de cada conquista.

Aos professores e orientadores, que compartilharam seu conhecimento e paixão pela Agronomia, moldando meu entendimento e ampliando minha visão sobre o campo. Suas orientações foram cruciais para a realização deste estudo. Especialmente ao Professor Douglas José Marques.

Aos amigos de classe, companheiros de jornada, que enfrentaram desafios e celebraram vitórias ao meu lado, em especial ao meu companheiro de projeto Marco Iony, que se mostrou um grande amigo e exemplo de humildade e dedicação a profissão. A cumplicidade e as risadas compartilhadas tornaram os dias difíceis mais leves.

À comunidade agrícola, que inspirou meu interesse pela Agronomia. Cada experiência prática e conversa com agricultores enriqueceu meu entendimento sobre a importância do trabalho no campo.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para minha formação. Este trabalho é fruto do esforço coletivo, e cada um de vocês tem um lugar especial em minha jornada.

“Querer ser bem sucedido sem trabalhar duro é como querer colher sem plantar.”

David Bly.

RESUMO

O Brasil é um importante produtor e exportador de commodities agrícolas, mas sua baixa produção interna de fertilizantes o torna o quarto maior importador desses insumos no mundo. Esse cenário contribui para a vulnerabilidade do país às instabilidades de preços globais. O milho é exigente em fósforo. A hipótese da pesquisa é que aplicação do remineralizador promove aumento no teor do P folha estimulando a eficiência no uso da água e produtividade. Sendo assim a pesquisa teve como objetivo avaliar os teores de P no solo, na planta, eficiência no uso da água e na produtividade do milho em diferentes texturas do solo. O delineamento experimental utilizado foi fatorial 2×6 +(controle) com quatro repetições: sendo as diferentes texturas de solo: LVd com textura argilosa e CXbd de textura média, ambos coletados em mata nativa no primeiro fator. O segundo fator foram concentrações do remineralizador do solo (0; 4; 8; 12; 16 e 20 Mg ha⁻¹) e tratamento controle usando *Ekosil* remineralizador registrado no MAPA. As plantas foram conduzidas em vasos com 14 dm³ de solo. Na textura do solo média (CXbd) 7% superior na concentração 4 Mg ha⁻¹ *Completo*, quando comparado com a ausência (aplicação de fertilizante KCl). Para a interação das diferentes texturas do solo 4 Mg do *Completo* foi superior CXbd e LVd 0 e 12 Mg ha⁻¹. Para o teor de P folha do milho na presença do controle (*Ekosil*) e *Completo* houve aumento 42% para a textura CXbd. Para a textura do solo argilosa (LVd) houve a mesma tendência na presença do *Ekosil* e 8 e 12 Mg ha⁻¹ *Completo* o teor do P na folha foi superior em 33% quando comparado ausência. Para eficiência no uso da água na folha do milho e produtividade não foi possível identificar os tratamentos que proporcionaram melhores efeitos. Para a produtividade do milho nas textura do solo média (CXbd) e argilosa (LVd) não foram observados diferença *Ekosil* e *Completo* e ausência. Conclui-se com a pesquisa que aplicação de remineralizador no solo aumenta o teor de P na folha, e não afeta o teor P no solo, a eficiência no uso da água e a produtividade do milho.

Palavras-chave: *Zea mays* L.; Sustentabilidade; Potássio.

ABSTRACT

Brazil is an important producer and exporter of agricultural commodities, but its low domestic fertilizers production makes it the world's fourth largest importer of these inputs. This scenario contributes to the country's vulnerability to global price instability. Corn is demanding phosphorus. The research hypothesis is that applying the remineralizer promotes an increase in leaf P content, stimulating water use efficiency and productivity. Therefore, the research aimed to evaluate P content in the soil, plant, water use efficiency, and corn productivity in different soil textures. The experimental design used was a 2×6 factorial + (control) with four replications: different soil textures: LVd with clayey texture and CXbd with medium texture, both collected in native forest in the first factor. The second factor was soil remineralizer concentrations (0; 4; 8; 12; 16 and 20 Mg ha⁻¹) and control treatment using Ekosil remineralizer registered with MAPA. The plants were grown in pots with 14 dm³ of soil. The average soil texture (CXbd) is 7% higher in the concentration 4 Mg ha⁻¹ *Complete* when compared to the absence (application of KCl fertilizer). For the interaction of different soil textures, 4 Mg of Completo was higher than CXbd and LVd 0 and 12 Mg ha⁻¹. For corn leaf P content in the presence of control (Ekosil) and *Complete*, there was a 42% increase in the CXbd texture. For the clayey soil texture (LVd) there was the same trend in the presence of Ekosil and 8 and 12 Mg ha⁻¹ *Complete*, the P content in the leaf was 33% higher when compared to its absence. For water use efficiency in corn leaves and productivity, it was not possible to identify the treatments that provided better effects. For corn productivity in medium (CXbd) and clayey (LVd) soil textures, no difference between Ekosil and *Complete* and absence was observed. The research concludes that applying remineralizer to the soil increases the P content in the leaf and does not affect the P content in the soil, water use efficiency, and corn productivity.

Keywords: *Zea mays* L.; Sustainability; Potassium.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	9
2.	REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1.	Importância econômica do milho	10
2.2.	Uso de REM como fertilizante	12
2.3.	Nutrição mineral no milho com o uso do REM	13
3.	MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1	Condição e local de estudo	14
3.1.1	Híbrido de milho	14
3.1.2	Solo e adubação	14
3.1.3	Manejo da irrigação	16
3.2	Design experimental	18
3.3	Teor de P no solo	18
3.4	Teor de P na folha	19
3.5	Produtividade	19
3.6	Quantificação da eficiência do uso da água fisiológico (EUAf)	19
3.7	Análise de dados	20
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5.	CONCLUSÃO	26
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um grande produtor e exportador de *commodities* agrícolas, contudo a baixa produção interna de fertilizantes torna o país o quarto maior importador desses insumos no mundo, tal fato colabora para a vulnerabilidade às instabilidades do preço frente aos acontecimentos mundiais (SANTOS, 2023). Além disso, desafios logísticos na distribuição desses insumos pelo extenso território brasileiro contribuem para a complexidade desse cenário. Estratégias para reduzir essa dependência incluem o estímulo à produção local, a pesquisa em alternativas sustentáveis e a implementação de práticas agrícolas mais eficientes no uso de fertilizantes (DAHER, 2018).

O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura que apresenta elevada importância nacional (SOUZA; SILVA, 2023) apresenta diferentes taxas de translocação entre os tecidos (colmos, folhas e grãos). Segundo Coelho (2006) à exportação dos nutrientes, o fósforo é quase todo translocado para os grãos (77 a 86 %), seguindo-se o nitrogênio (70 a 77 %), o enxofre (60 %), o magnésio (47 a 69 %), o potássio (26 a 43 %) e o cálcio (3 a 7 %). Por outro lado, os remineralizadores de solo (REM) que apresentam teores elevados de silício podem estar promovendo a “competição” entre os íons silicato e fosfato pelo mesmo sítio de adsorção dentro do complexo de troca de íons no solo (CASTRO; CRUSCIOL, 2013). Assim o silicato desloca o P do coloide, liberando-o para a solução do solo, pelo fato do ânion silicato ocupar os pontos de adsorção do ânion fosfato (EPSTEIN; BLOOM, 2005),

Assim, estudo realizado a fim de quantificar a desorção competitiva entre os ânions silicato e fosfato na fração argila gibbsítica de um Gleissolo Melânico, mostra que a aplicação prévia de Si reduziu a fixação de fosfato. Desse modo, a aplicação de Si previamente à de fósforo favorece a fitodisponibilidade deste em solos altamente intemperizados, evidenciando a interação entre os dois nutrientes (Pozza et al., 2007)

A agricultura brasileira é altamente dependente de fertilizantes, sendo necessário importar uma parte significativa das matérias-primas essenciais. As maiores dependências externas do país são o cloreto de potássio, cerca de 95% do utilizado na agricultura é fruto da importação, seguido do nitrogênio e fosfato, cujo 80% e 60% do utilizado é importado, respectivamente. Essa dependência gera custos elevados para a agricultura, impactando a produção de alimentos e a competitividade no mercado global (OGINO; GASQUES, 2023). Segundo as disposições da Lei 12.890/2013 e a Instrução Normativa 05/2016 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), os remineralizadores são rochas ou outros materiais de origem mineral que passaram por processos mecânicos e que contribuem para

aprimorar a fertilidade do solo. Essa melhoria é alcançada por meio da introdução de macro e de micronutrientes essenciais para as plantas, além de promover melhorias físicas e químicas no solo. Comumente, o uso de REM é associado à aplicação do pó resultante da trituração das rochas (SGB, 2022).

Devido ao menor custo de produção, os REM são acessíveis a maioria dos agricultores. No Brasil cerca de 5 milhões de hectares já receberam este tipo de insumo, os quais têm apresentado resultados promissores como crescimento radicular; aumento do potencial de intemperismo de minerais, liberação de nutrientes no solo (MARTINS et al., 2023).

O uso estratégico de REM, adaptado às características específicas da textura do solo, é de grande importância para otimizar a produtividade agrícola. Os REM se comportam de maneira diversa em função dos diferentes tipos de textura dos solos. Em solos arenosos, contribuem para o aumento na retenção de água e nutrientes e em solos argilosos, também melhoram a estrutura, reduzindo a compactação. Nos solos silto-arenosos e silto-argilosos, os REM proporcionam equilíbrio na estabilidade estrutural e fertilidade (CASTRO et al., 2022).

No remineralizador o teor de silício é comum, nesse sentido o elemento pode aumentar a disponibilidade de P na solução do solo devido à semelhança do ânion silicato ($H_3SiO_4^-$) com fosfato ($H_2PO_4^-$). Sendo assim, a hipótese da pesquisa é que aplicação do remineralizador de K promove aumento no teor do P folha estimulando a eficiência no uso da água e produtividade. Assim a pesquisa teve como objetivo avaliar os teores de P no solo, na planta, eficiência no uso da água e na produtividade do milho em diferentes texturas do solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância econômica do milho

O milho que conhecemos é uma planta da família das gramíneas, que se originou na região mesoamericana e faz parte do gênero *Zea*, mesmo grupo botânico que inclui outras quatro plantas conhecidas como teosinte. Há evidências de que o milho evoluiu a partir do teosinte, um processo que ocorreu há aproximadamente 8.700 anos nas regiões baixas do México. Até hoje, o México mantém uma grande diversidade genética do milho (OROZCO-RAMÍREZ et al., 2016).

Atualmente, o milho é a planta cultivada que alcançou o mais alto nível de adaptação para o uso humano, tornando-se uma espécie de grande importância tanto econômica quanto

alimentar (TEIXEIRA; TRINDADE, 2021). A produção mundial de milho na safra 2023 ultrapassou 1,157 bilhão de toneladas, com os maiores produtores sendo os Estados Unidos, China, Brasil, União Europeia e Índia (USDA, 2023).

O milho é o principal produto agrícola dos Estados Unidos, que lideram a produção mundial desse cereal. Na safra 2022/2023, o país contribuiu com 348,369 milhões de toneladas. Nos Estados Unidos os estados que mais produzem esta commodity são Iowa (17% da produção nacional), Illinois (15%), Nebraska (12%) e Minnesota (10%), sendo conhecidos como "cinturão do milho" ou "corn belt americano". A supremacia dos E.U.A na produção mundial de milho é resultado de sua tecnologia agrícola avançada, vastas áreas cultiváveis e condições climáticas favoráveis. Esses fatores combinados permitiram que os agricultores norte-americanos alcançassem níveis notáveis de produtividade, consolidando assim a posição do país como líder global na produção de milho (BOSCHIERO, 2024).

A China ocupa o segundo lugar como maior produtor mundial de milho. Em 2023, a produção atingiu 288,84 milhões de toneladas do cereal, representando um aumento de 4% em relação ao ano anterior. As áreas cultivadas totalizaram 44,2 milhões de hectares, registrando um crescimento de 2,7% em comparação com o ano anterior e marcando a maior área plantada desde pelo menos 2015. Esse aumento na produção de milho coincide com a continuação dos subsídios fornecidos pelo governo chinês para o cultivo de grãos básicos (CHU, 2023). A demanda interna chinesa pelo cereal permanece alta, e apesar de ser um grande produtor, o país também se tornou o principal importador de milho do Brasil, contribuindo para um saldo recorde na balança comercial do país tropical (SECEX, 2024).

O Brasil ocupa o terceiro lugar no ranking na produção mundial de milho, com uma produção estimada em 124,7 milhões de toneladas. Na safra 2021/2022, houve um aumento significativo na produção de milho, alcançando um aumento de 32,3% em relação à safra anterior (CONAB, 2023). A importância dessa cultura se deve ao fato de o milho ser uma excelente fonte de carboidratos e energia, tanto para humanos quanto para animais. Além disso, o milho é uma cultura agrícola importante, servindo como substrato energético para a produção de silagem de alta qualidade e como matéria-prima para a produção de etanol (SANTOS, 2024).

Os maiores produtores de milho brasileiros são os estados: Mato Grosso, Paraná, Mato Grosso do Sul, Goiás e Minas Gerais. A produção do Mato Grosso é superior, inclusive, à das demais regiões do País, se consideradas isoladamente (COÊLHO, 2021). Em Monte Carmelo, município localizado na região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, a agricultura está entre as principais atividades econômicas da cidade. A produção de milho carmelitana é realizada por agricultores familiares e patronais. O município se encontra como o 25º maior produtor do

cereal do estado de Minas Gerais e o 378º do Brasil (IBGE, 2024).

2.2 Uso de REM como fertilizante

Os solos brasileiros necessitam frequentemente de fertilizantes devido a baixa fertilidade natural da maioria dos solos agrícolas. Devido ao intemperismo acentuado da região tropical e à intensa atividade agrícola, os solos são suscetíveis à erosão e à perda de nutrientes essenciais, como nitrogênio, fósforo e potássio. Alguns solos brasileiros têm baixa fertilidade natural devido à sua composição geológica e características climáticas, o que os torna muito dependentes da aplicação de fertilizantes (SILVA et al, 2021).

Devido ao recente aumento nos custos dos fertilizantes solúveis e à crescente demanda por opções alternativas e sustentáveis, especialmente entre agricultores orgânicos e agroecológicos, estão sendo exploradas alternativas ao uso de fertilizantes químicos convencionais. No Brasil, apesar de sua vasta diversidade geográfica, há uma necessidade ainda maior de buscar novas abordagens tecnológicas para fontes alternativas de fertilizantes, uma vez que a matéria-prima para a fabricação da maioria dos fertilizantes utilizados na produção agrícola é importada (ALMEIDA JÚNIOR, 2022).

Os REM são produtos obtidos a partir de rochas silicáticas moídas, que quando aplicados ao solo, têm a capacidade de aprimorar suas características químicas, físicas e biológicas. Esses produtos agem de maneira semelhante aos condicionadores de solo, porém com uma abordagem distinta: em vez de apenas melhorar a estrutura do solo, os remineralizadores fornecem uma variedade de minerais que podem reagir com os componentes do solo, formando novos compostos minerais e revitalizando o solo agrícola (MACHADO, 2021).

A prática da remineralização é uma alternativa sustentável e eficaz para fertilizar o solo e repor os minerais exportados pelas culturas. Consiste na aplicação de pó de certos tipos de rocha ou minerais, que contribuem positivamente para a fertilidade do solo. (ALMEIRA JÚNIOR et al., 2020).

Dentre as opções de baixo custo, destacam-se o uso de rochas regionalizadas como remineralizadores do solo, a reutilização de resíduos da mineração e a necessidade de fornecer materiais orgânicos fundamentais para solos altamente intemperizados. A aplicação de pó de rocha, conhecida como rochagem com o uso de REM, consiste na introdução gradual de minerais essenciais no solo. Esse processo é caracterizado pela solubilidade lenta e efeitos residuais significativos, destacando a importância do planejamento para avaliações de médio e

longo prazo (ALMEIDA JÚNIOR et al., 2022).

2.3 Nutrição mineral no milho com o uso do REM

O uso de pó de rocha nas culturas de milho e arroz tem obtido resultados positivos, com produção semelhante ou até mesmo superior quando comparada àquelas das parcelas de adubação convencional. Theodoro et al. (2006) observou que, com o uso de REM na cultura do milho, as plantas apresentaram maior vigor, melhor enraizamento, maior massa verde e espigas mais desenvolvidas nos tratamentos com pó de rocha. Sua aplicação demonstrou proporcionar as maiores concentrações de potássio nas folhas das plantas de milho, sugerindo ser uma fonte adequada de potássio (RIBES et al. 2012).

Em um trabalho de campo realizado por Almeida Júnior et al. (2021), que avaliou o uso de doses crescentes de pó de rocha na cultura do milho, foi observado que a produtividade por hectare aumentou a medida que as doses aplicadas foram maiores. Podem, promover alterações na disponibilidade de fósforo durante o estabelecimento da planta, por meio da aplicação conjunta de fosfato e silicato, em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, a combinação de doses intermediárias de fósforo e altas doses de Si levam a maior número de folhas expandidas, área foliar, e conseqüente maior produção de matéria seca (MELO et al., 2007

Com base nos resultados obtidos por Lemes et al., (2023), o uso de REM proveniente de rocha granulítica é uma estratégia promissora para suplementar potássio e outros nutrientes no cultivo de milho verde em sistemas orgânicos. A eficácia na substituição parcial do potássio solúvel e também na disponibilidade do fósforo em solos altamente intemperizados, evidenciando a interação entre os dois nutrientes (POZZA et al., 2007). Resultou em economia de insumos, que aliada ao aumento significativo na altura das plantas quando ambos são aplicados em conjunto, destacou o potencial do REM como um recurso valioso para a agricultura orgânica.

Segundo estudo de Oliveira (2021) a utilização de REM traz resultados expressivos, pois o uso do pó de rocha se apresenta como uma alternativa promissora para o cultivo de milho, capaz de alcançar excelentes produtividades. As fonte de Si para as plantas, dentre eles as escórias de siderurgia, wollastonita, metassilicato de cálcio, silicato de potássio, termofosfato, silicato de cálcio e silicato de magnésio (CASTRO, 2009) a fim de promover a correção da acidez dos solos, além de adicionar Si ao sistema solo-planta (PRADO; FERNANDES, 2001); Em termos de características agrônômicas, o autor destaca a altura em que a primeira espiga se desenvolve e a produtividade alcançada, em comparação com a utilização das fontes

convencionais, seja como complemento ou substituto.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Condição e local de estudo

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do tipo arco, coberta com filme plástico de 150 µm, cujas laterais foram cobertas com malhas branca do tipo antianfideo. A casa de vegetação se encontra no Campo Demonstrativo e Experimental – CADEx, Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo-MG (18°43'36.26" S; 47°31'28.50" W; 903 m). As temperatura registradas no interior da casa de vegetação durante a condução da pesquisa foram: temperature máxima (39,9°C), temperature mínima (10,1°C), temperature média (24,2°C), umidade máxima (90,8 %), umidade mínima (37,8 %).

3.2 Híbrido de milho

Foi utilizado na pesquisa o híbrido KWS 7510 Vip3, que apresenta controle das principais espécies de lagartas que atacam a cultura, incluindo a lagarta do cartucho (*Spodoptera Frugiperda*). As características agronômicas presente no híbrido são: altura da planta 260-280 cm, com inserção da espiga de 125-145 cm, arquitetura semiereta apresentando sabugo branco, grãos amarelo-alaranjado de formato semidentado, com PMS de 310 - 350 g, apresentando dupla aptidão para grãos e silagem e ampla adaptabilidade para cultivos em segunda safra (KWS, 2024).

3.3 Solo e adubação

Na pesquisa foram utilizadas dois solos com diferentes texturas (Santos et al., 2018): Latossolo Vermelho Distrófico (LVd) com textura argilosa, coletado em mata nativa (18°43'48,3"S, 47°30'16,6"W), Oxisol equivalente (Taxonomia do Solo) e Cambissolo Háplico Tb Distrófico (CXbd) com textura média, coletado no campo natural (19°09'03,32"S, 47°39'14,96"W) Inceptissolos equivalentes (Taxonomia do Solo). Os solos foram amostrados a uma profundidade de 20 cm e em seguida foram secos ao ar e passados em peneira de malha de 2,5cm³, posteriormente foram homogeneizados para determinação das características químicas

e físicas realizadas antes da correção da acidez do solo e adubação de base (Tabela 1).

Tabela 1. Características químicas e físicas das texturas do solo (LVd, CXbd) na profundidade de 0-20 cm antes da adubação do plantio.

Química ¹	Unidades	LVd	CXbd
pH CaCl ₂		4,55	4,27
P	mg dm ⁻³	0,35	0,59
K	mg dm ⁻³	21,75	27,22
Ca	cmol _c dm ⁻³	0,41	0,33
Mg	cmol _c dm ⁻³	0,13	0,20
Al	cmol _c dm ⁻³	0,10	0,41
H+Al	cmol _c dm ⁻³	2,48	4,13
SB	cmol _c dm ⁻³	0,60	0,60
t	cmol _c dm ⁻³	0,70	1,01
T	cmol _c dm ⁻³	3,08	4,73
V	%	19,00	13,00
m	%	0,00	41,00
MO	dag kg ⁻¹	0,88	1,66
B	mg dm ⁻³	0,1	0,16
Cu	mg dm ⁻³	0,82	1,16
Fe	mg dm ⁻³	28,52	50,10
Mn	mg dm ⁻³	9,27	11,84
Zn	mg dm ⁻³	0,37	0,62
Física²			
Areia total	g kg ⁻¹	370	670
Silte	g kg ⁻¹	90	20
Argila	g kg ⁻¹	540	310

¹pH (acidez ativa) - Método: CaCl₂ 0,01 mol.L⁻¹; H+Al (acidez potencial) - Método: pH SMP; Alumínio trocável - Método: Titulometria (1 mol L⁻¹); Matéria orgânica (MO) - Método: Colorimétrico (IAC); Fósforo, Potássio, Cálcio e Magnésio - Método: Resina trocadora de íons; S-SO₄²⁻ (Enxofre) - Método: Turbidimetria (BaCl₂ em pó); Fe, Mn, Cu e Zn - Método: DTPA (Absorção Atômica); Boro: BaCl₂.2H₂O - Método: microondas.²Análise física do solo: Método do densímetro: Classes de diâmetro (mm): 5 frações de areia: Muito grossa = 2-1; Grossa = 1-0,5; Média = 0,5-0,25; Fina = 0,25-0,10; Muito Fina = 0,10-0,05; Total = 2-0,05. Silte = 0,05-0,002; Argila total < 0,002; Argila H₂O < 0,002. 2 frações de areia: Grossa = 2-0,25; Fina = 0,25-0,05. Classes de textura: Até 14% - arenosa; 15 a 24% - média-arenosa; 25 a 34% - média argilosa; 35 a 59% - argilosa; 60% ou superior - muito argilosa.

Os cálculos para correção da acidez do solo seguiram recomendações de Ribeiro et al., (1999), buscando elevar os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} e neutralizar o Al^{3+} . O corretivo utilizado foi um reagente puro para análise (P.A) contendo 6 a 8% MgO e 45 a 48% CaO , poder de neutralização relativo 92,5%, poder de neutralização 100% e potencial real de neutralização total de 92,5%, que foi misturado ao solo. Após homogeneizado, o solo foi acondicionado em sacos plásticos sendo umedecidos e passando pelo processo de incubação por 45 dias para favorecer a reação do corretivo com o solo.

A recomendação de adubação para macronutrientes e micronutrientes, utilizada em todos os tratamentos, foi baseada nas recomendações de Novais et al., (1991) adaptadas por Marques et al., (2021) (Tabela 2).

Tabela 2. Nutrientes, quantidades recomendadas e fontes utilizadas na fertilização deste estudo.

Nutrientes	Concentração (mg kg solo^{-1})	Fontes
N	300	$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$
P	300	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$
K	150	KCl
S	40	K_2SO_4
Mg	46	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Mn	3.0	MnSO_4
B	2.5	H_3BO_3
Cu	7.5	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Mo	0.5	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$
Zn	2.5	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

3.4 Manejo da irrigação

A irrigação do experimento foi realizada por gotejamento, com emissores tipo botão autocompensantes com vazão de $2,3 \text{ L h}^{-1}$. Os emissores foram conectados em tubos de polietileno de baixa densidade (PELBD) com diâmetro de 16 mm e microtubos tipo espaguete com diâmetro de 5 mm, conectados a hastes anguladas de 150 mm, disponibilizada uma haste por vaso.

Para o manejo da irrigação foram utilizados tensiômetros de cápsulas porosas instalados em vasos de controle para estimar a lâmina de água perdida pela planta. Para a transformação

da leitura do potencial mátrico do solo em umidade volumétrica, foram elaboradas curvas de retenção de água no solo, cujos parâmetros de ajuste utilizando da equação de van Genuchten estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Parâmetros usados no manejo da irrigação em vasos de 14 dm³ de solo em diferentes texturas.

Parâmetros de ajuste	Textura do Solo	
	CXbd	LVd
θ_s	0,51449	0,56977
θ_r	0,073141	0,12425
α	0,038183	0,058284
n	1,5193	1,4527
m	0,341802	0,311627

A capacidade de campo, estimada para os vasos foi de 0,31 cm³ cm⁻³ para a textura CXbd e de 0,34 cm³ cm⁻³ para a textura LVd. A leitura dos tensiômetros instalados nos vasos de controle foi utilizada para a estimativa da umidade atual, e posteriormente do volume de água necessário para se voltar o vaso à capacidade de campo de acordo com as equações a seguir.

$$V_i = (\theta_{cc} - \theta_{atual}) * V_u$$

Em que:

V_i = Volume de solo necessário para voltar o vaso a capacidade de campo no dia i (L);

θ_{cc} = Umidade do solo na capacidade de campo (cm³ cm⁻³);

θ_{atual} = Umidade atual do solo (cm³ cm⁻³);

V_u = Volume útil de solo no vaso (L).

Os dados de volume de solo necessários para voltar o solo na capacidade de campo foi transformado em tempo de irrigação de acordo com a equação a seguir.

$$T_i = V_i / q$$

Em que:

T_i = tempo de irrigação necessário para se voltar o solo do vaso à capacidade de campo no dia i (h);

V_i = Volume de solo necessário para voltar o vaso a capacidade de campo no dia i (L);

q = vazão do gotejador ($L h^{-1}$).

3.5 Design experimental

O delineamento experimental utilizado foi fatorial $2 \times 6 +$ controle, com quatro repetições, dois solos com diferentes texturas: LVd com textura argilosa, coletado em mata native e CXbd de textura média e seis concentrações do remineralizador do solo *Completo* (0; 4; 8; 12; 16 e 20 t ha⁻¹), além de um tratamento controle usando o remineralizador *Ekosil* que é registrado no MAPA. As plantas foram conduzidas em vasos com 14 dm³ de solo. Foi utilizado o remineralizador *Completo*, da GEOFERTIL, que é extraído e processado na mina de Riacho do Pintor- Riachão das Neves-BA (Tabela 4). Todos os tratamentos receberam adubação de base utilizando fontes solúveis, as doses utilizadas seguiram as recomendações de Novais et al., (1991), adaptadas por Marques et al., (2021) para a cultura do milho (Tabela 2).

Tabela 4. Caracterização química do remineralizador *Completo* da empresa GEOFERTIL na mina de Riacho do Pintor- Riachão das Neves-BA.

Nome do componente	Composição (%)	Fórmula química
Quartzo	10,37	SiO ₂
Muscovita	45,90	KAl ₂ (Si ₃ Al)O ₁₀ (OH, F) ₂
Clinoclora	12,54	(Mg, Fe, Al) ₆ (Si, Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₈
Vermiculita	13,12	(Mg, Al) ₃ (Si, Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₂
Kaolinita	6,42	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄
Goethita	3,75	FeO(OH)
Rulita	0,93	TiO ₂
Greenalita	6,97	Fe ₃ Si ₂ O ₅ (OH) ₄
Total	100,00	

3.3 Teor de P no solo

A avaliação do teor de fósforo no solo foi determinada ao final do experimento. Foi coletado amostras de solo por repetição após a colheita do milho, sendo encaminhado ao

Laboratório de Análises Químicas do Solo do Departamento de Ciências do Solo da ESALq. O P disponível foi extraído pelos método de resina, descritos em TEDESCO et al. (1995).

3.6 Teor de P na folha

As amostragens para a determinação do teor de fósforo foliar foram realizadas através da coleta da folha oposta e abaixo da espiga considerada como folha diagnóstica, em ocasião do aparecimento da inflorescência feminina (embonecamento) (COELHO; FRANÇA, 1995). Após a Coleta as folhas foram acondicionadas em sacos de papel reforçado, sendo devidamente identificadas e levadas à estufa de circulação de ar forçada em temperatura de 70° até atingir massa constante (COELHO et al, 2002). As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Tecido Vegetal pertencente ao Departamento de Ciências do Solo da ESALq. Os Laudos recebidos posteriormente apresentaram os teores de potássio disponíveis na folha.

3.7 Produtividade

A produtividade foi aferida pela massa de grãos provindas da colheita e beneficiamento da espiga. Os resultados obtidos foram convertidos para sacas de 60 kg ha⁻¹ depois da correção da umidade para 14%, conforme demonstrado abaixo:

$$PF=PI*(100-UI/100-UF)$$

Onde:

PF: peso final da amostra;

PI: peso inicial da amostra;

UI: umidade inicial da amostra;

UF: umidade final da amostra (14%).

3.8 Quantificação da eficiência do uso da água fisiológico (EUA_f)

A relação entre a assimilação de CO₂ e a taxa de transpiração da cultura representa fisiologicamente o EUA_f (BÄNZINGER et al., 2000).

$$EUAf = \frac{Fotossintese}{Transpiração}$$

3.9 Análise de dados

Os dados foram submetidos à análise de variância e, em caso de interação significativa, os efeitos foram desdobrados dentro dos níveis de cada fator. As médias dos fatores serão comparadas pelo teste Tukey. Todas as análises serão realizadas no software RStudio. Para todas as análises estatísticas, o nível de significância adotado será de 5%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para aplicação o teor de P no solo a do remineralizador *Completo* no solo de textura CXbd, a dose de 4 Mg ha⁻¹ foi 7% superior, quando comparado com a ausência do remineralizador na aplicação de fertilizante KCl. Para a interação das diferentes texturas do solo, 4 Mg ha⁻¹ do *Completo* foi superior a dose 0 do CXbd e 12 Mg ha⁻¹ do LVd 0 (Figura 1). Para o teor de P no solo determinado nessa pesquisa o nível crítico foi considerado adequado, de acordo com Souza et al. (2004). A resposta das culturas à adubação fosfatada depende, dentre outros fatores, da disponibilidade inicial de P no solo, da disponibilidade de outros nutrientes, da espécie e da variedade vegetal cultivada e das condições climáticas (SOUZA et al., 2016). Algumas pesquisas indicam que os REM podem liberar P no solo e promover melhoria na qualidade do solo (LUCHESE et al., 2021) e o incremento dos teores cálcio, magnésio, fósforo e potássio (MARTINS et al., 2015). Quatro são os macronutrientes que apresentam maiores respostas com a aplicação de REM: Ca, Mg, P e K (SILVA et al., 2012). Incrementos nos teores de Ca no solo pelo REM são encontrados na literatura sobre rochagem (RIBEIRO et al., 2010). Para as características químicas segundo Dias et al. (2022) corrobora ao testar a viabilidade agrônômica de um REM no sistema de plantio convencional e no plantio direto, para LVd. Também foi verificado que minerais primários constituintes destas rochas, a exemplo da biotita, sofrem as transformações naturais de seus processos intempéricos, formando minerais secundários 2:1 como a vermiculita (MOHAMMED, et al., 2014), promovendo desta forma um ganho de CTC nos solos tratados com REM (DA SILVA et al., 2017; TOSCANI e CAMPOS, 2017). Estes resultados corroboram com os obtidos por Souza (2022), que demonstrou uma eficiente ação do pó de rocha basáltica nas alterações químicas dos solos, resultando em aumentos nos teores de macro e micronutrientes em diferentes tipos de solo.

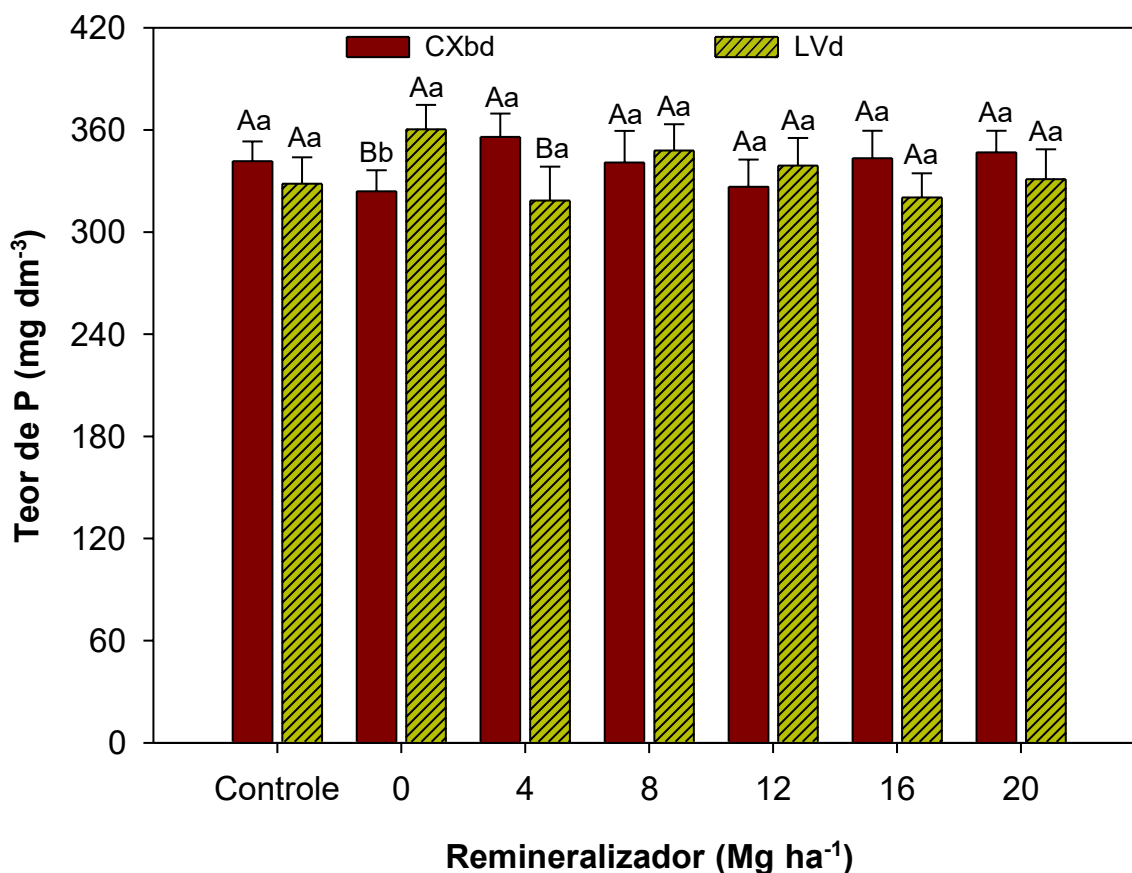


Figura 1. Teor de P solo em função da concentração de remineralizador (controle: Ekosil, 0, 4, 8, 12, 16, 20 Mg ha⁻¹) e textura do solo (Cambissolo Háplico Tb Distrófico - CXbd e Latossolo Vermelho Distrófico - LVd) na cultura do milho. Letras maiúsculas nas colunas de cores diferentes comparam a textura do solo e letras minúsculas nas colunas de cores iguais comparam a concentração do remineralizador, indicando diferenças significativas em relação ao teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). As colunas correspondem às médias de repetições e desvios padrão.

Para o teor de P na folha do milho (Figura 2) na presença da fonte de remineralizador controle *Ekosil* e a dose 0 Mg ha⁻¹ do *Completo* houve aumento no teor P em 42% para a textura do solo CXbd. Para a textura do solo LVd houve a mesma tendência para o *Ekosil* e para as doses de 8 e 12 Mg ha⁻¹ do remineralizador *Completo* que foi superior em 33% para o teor do P na folha em comparação com aplicação da dose 0 Mg do remineralizado, que recebeu somente a adubação de base. Esses resultados comprovam os efeitos da remineralização em função das maiores quantidades de silicatos de Ca, sendo seguidos pelos silicatos de Mg, Na e K, (KELLAND et al., 2020). Quando o remineralizador é aplicado ao solo aumenta-se a

superfície específica ampliando interações minerais-microrganismos, o que resulta no aumento de raízes das culturas, podendo melhorar absorção dos nutrientes (MARTINS et al., 2023). Nessa pesquisa o teor de P na folha foi maior para o uso do *Ekosil* e do *Completo*. Para o *Completo* pode ter disponibilização rápida dos nutrientes desejados, reduzindo os aportes dos solúveis seja pelo aumento de eficiência seja pela fonte alternativa de nutriente. Esses resultados reforçam uma redução da adubação solúvel compensada com a aplicação de remineralizadores (KAHAN, 2008). Para a cultura do milho estimando a produtividade mínima de 11.795 kg ha⁻¹ a sequência decrescente de limitação nutricional por deficiência usando o Fator de Suficiência, foi: Fe > N > P > Zn > Cu = K > B = S = Ca > Mn > Mg (Gott et al., 2014). Para o P este nutriente possui alta variabilidade na demanda nutricional em híbridos de elevado potencial produtivo quando cultivados em diferentes regiões, conforme comprovado nos trabalhos de Pinho et al. (2009) e Setiyono et al. (2010). O uso do pó de rocha de basáltica, constatou que houve uma ação eficiente do produto nas alterações químicas dos solos, possibilitando, aumentos nos teores de macro e micronutrientes: P, S, Ca, Mg, K, Cu, Fe, Mn e Zn (SOUZA, 2022). Guerra (2020), avaliou a liberação de K e P a partir de pó de kamafugito em (Latosolo Vermelho Ácrico de textura argilosa e Neossolo Quartzarênico de textura arenosa) apresentou liberação para K, Ca, Mg, P, H+Al e acidez ativa, com neutralização do Al. Com práticas que mantenham a cobertura diversa do solo, preferencialmente verde, e com a redução significativa de insumos ofensivos ao microbioma (pesticidas), os remineralizadores podem ajudar muito na construção do sistema do ponto de vista físico-químico para a capacidade de troca de cátions pode ser aumentada e tem caráter permanente (KRAHL et al., 2022; SANTOS et al., 2021).

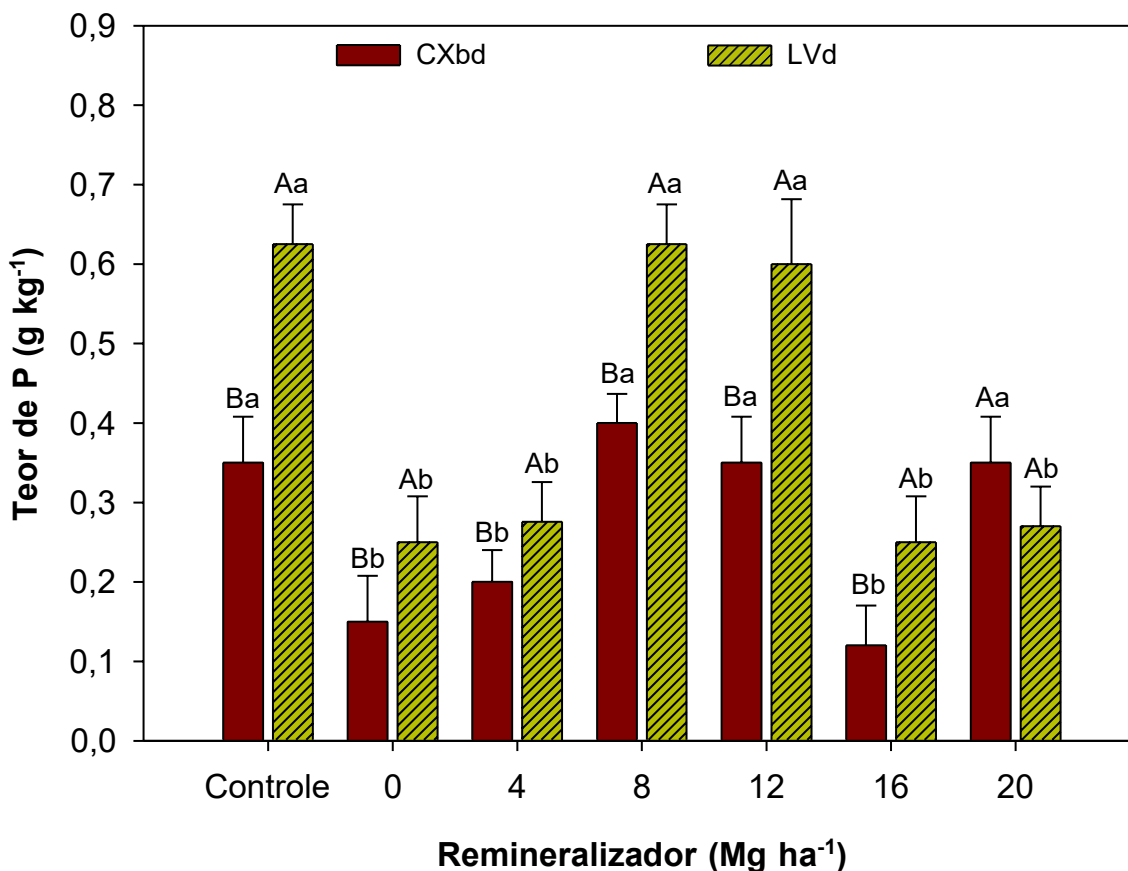


Figura 2. Teor de P na folha em função da concentração de remineralizador (controle: Ekosil, 0, 4, 8, 12, 16, 20 Mg ha⁻¹) e textura do solo do solo (Cambissolo Háplico Tb Distrófico - CXbd e Latossolo Vermelho Distrófico - LVd) na cultura do milho. Letras maiúsculas nas colunas de cores diferentes comparam a textura do solo e letras minúsculas nas colunas de cores iguais comparam a concentração do remineralizador, indicando diferenças significativas em relação ao teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). As colunas correspondem às médias de repetições e desvios padrão.

Para a eficiência no uso da água na folha do milho não foi possível identificar os tratamentos que proporcionaram melhores efeitos. Esse resultado comprova que aplicação *Ekosil* e *Completo* não afetou o metabolismo do milho no uso da água, quando comparado com a dose 0 Mg ha⁻¹, que recebeu somente a adubação de base (Figura 3). A eficiência do uso da água refere-se ao rendimento total da colheita por quantidade de água utilizada, podendo ser melhorada através do uso de estratégias que permitam aumento da produtividade, como utilização adequada de insumos e práticas culturais, e principalmente do uso de técnicas que permitam reduzir as perdas de água (TEÓFILO et al., 2012). A necessidade de água nas culturas

é expressa, normalmente, pela taxa de evapotranspiração, que varia ao longo do ciclo em função da fase fenológica da planta e depende das condições meteorológicas e da disponibilidade hídrica do solo (DOOREMBOS & KASSAN, 1979). A quantidade de água utilizada depende da eficiência do método de irrigação adotado (BATISTA et al., 2009) e da capacidade de armazenamento de água no solo, que é favorecida pelo aumento da infiltração e, principalmente, pela redução da taxa de evaporação Freitas et al. (2004). As plantas utilizam água em grande quantidade, consequência direta da absorção de CO₂ para a fotossíntese (ODHIAMBO et al.; KRANZ 2011). A eficiência de uso da água de determinada espécie expressa a sua efetividade de fixar carbono enquanto transpira. (MAHOUACHI, 2009). A eficiência de uso de água é a razão entre ganho de carbono unitário fixado pela fotossíntese por unidade de água transpirada (ODHIAMBO; KRANZ 2011). Esses resultados corroboram com os resultados obtidos nesta pesquisa, onde o metabolismo das plantas de milho não foi afetado pela aplicação do remineralizador *Completo*.

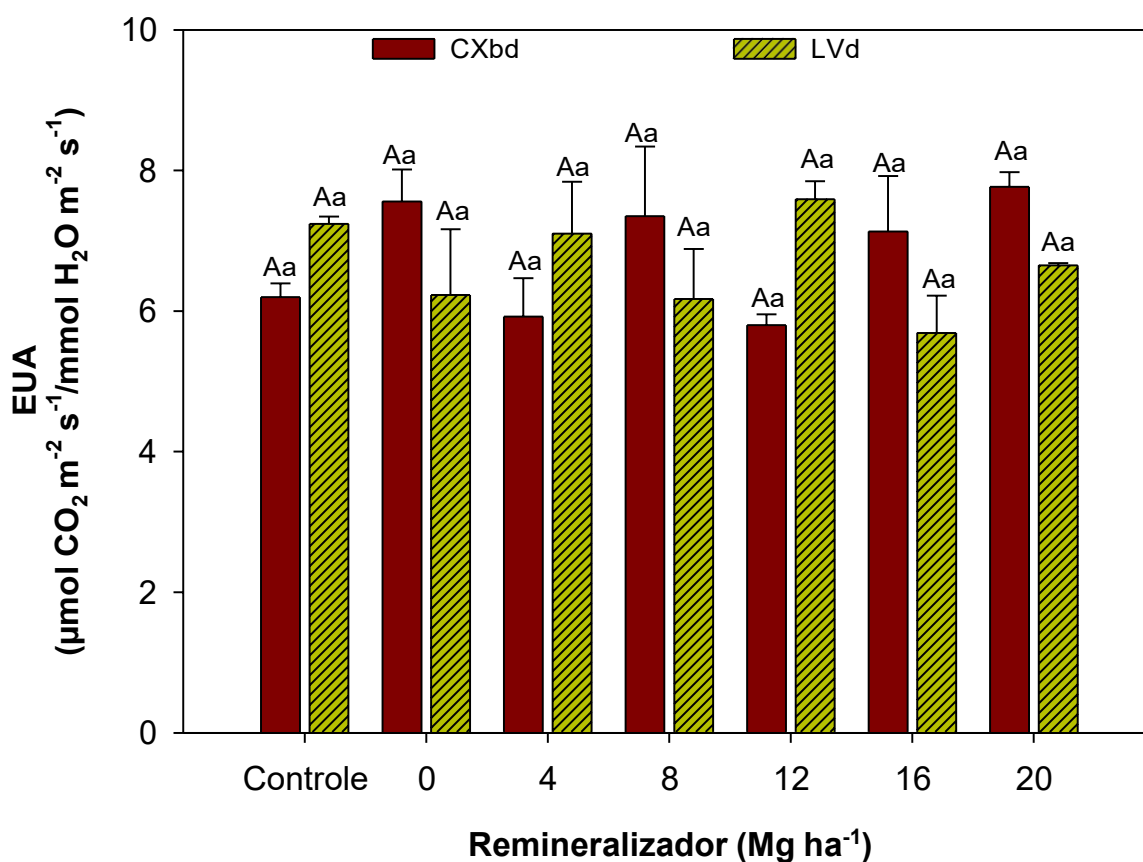


Figura 3. Eficiência no uso da água (EUA) na folha em função da concentração de remineralizador (controle: Ekosil, 0, 4, 8, 12, 16, 20 Mg ha⁻¹) e textura do solo do solo (Cambissolo Háplico Tb Distrófico - CXbd e Latossolo Vermelho Distrófico - LVd) na cultura

do milho. Letras maiúsculas nas colunas de cores diferentes comparam a textura do solo e letras minúsculas nas colunas de cores iguais comparam a concentração do remineralizador, indicando diferenças significativas em relação ao teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). As colunas correspondem às médias de repetições e desvios padrão.

Para a produtividade do milho ns textura CXbd e LVd não foram observados diferença significativa entre o uso do *Ekosil* e do *Completo* e a dose 0 Mg ha⁻¹ (Figura 4). Segundo Dettmer et al. (2020) verificou menor produtividade do milho com aplicação fertilizante solúvel NPK na base de plantio em relação ao uso de 6 e 12 Mg ha⁻¹ de pó de basalto. O uso do remineralizador micaxisto como fertilizante na cultura do milho, obteve resultado positivo, obtendo resposta na produtividade em comparação ao controle absoluto “*dose zero*” e mantendo uma média de produtividade dentro dos patamares ideais 11 mil kg ha⁻¹(ALMEIDA JÚNIOR et al., 2022). Outras culturas, como a soja e milho, o uso do pó de rocha como fertilizante orgânico na cultura alcançou seu objetivo, manteve em patamares elevados todas as características agronômicas e a produtividade acima da média nacional (ALMEIDA JUNIOR et al., 2020).

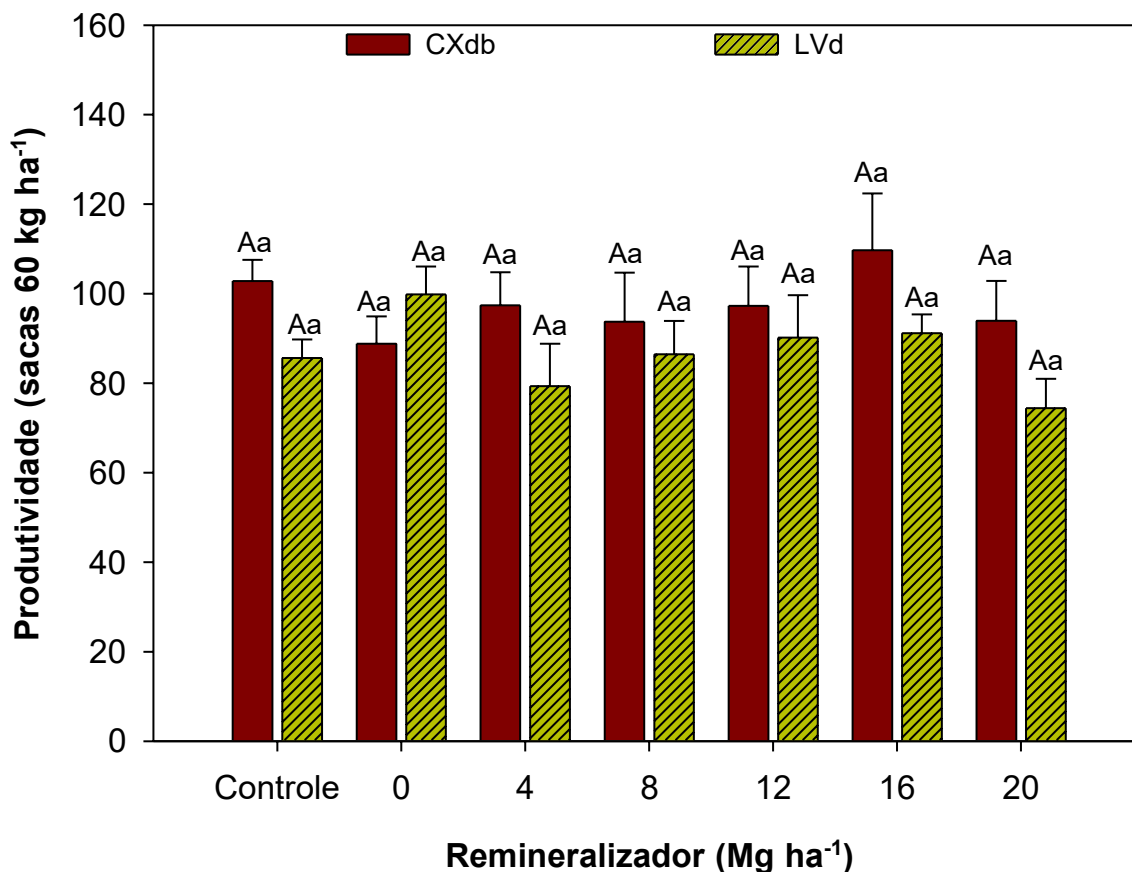


Figura 4. Produtividade do milho em função da concentração de remineralizador (controle: Ekosil, 0, 4, 8, 12, 16, 20 Mg ha⁻¹) e textura do solo do solo solo (Cambissolo Háplico Tb Distrófico - CXdb e Latossolo Vermelho Distrófico - LVd) na cultura do milho. Letras maiúsculas nas colunas de cores diferentes comparam a textura do solo e letras minúsculas nas colunas de cores iguais comparam a concentração do remineralizador, indicando diferenças significativas em relação ao teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). As colunas correspondem às médias de repetições e desvios padrão.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se com a pesquisa que aplicação de remineralizador no solo aumenta o teor de P na folha, e não afeta o teor P no solo, a eficiência no uso da água e a produtividade do milho.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA JÚNIOR, J. J. et al. Consórcio de remineralizadores de solo utilizado na cultura da soja em solos da região de Cerrado. **Conjecturas**, [S.L.], v. 22, n. 9, p. 415-430, 20 ago. 2022. Uniao Atlantica de Pesquisadores. <http://dx.doi.org/10.53660/conj-1285-x52>.

<https://doi.org/10.53660/CONJ-1285-X52>

ALMEIDA JÚNIOR, J. J. et al. Análise das variáveis tecnológicas do milho em função das doses crescentes de condicionador pó de rocha / Analysis of technological variables of corn as a function of increasing doses of rock powder conditioner. **Brazilian Journal of Development**, [S.L.], v. 7, n. 10, p. 100992-100998, 29 out. 2021. South Florida Publishing LLC. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv7n10-420>. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n10-420>

ALMEIDA JÚNIOR, J. J. et al. Análise das variáveis tecnológicas na cultura da soja (*Glycine max*) com utilização de remineralizador de solo como fertilizante. **Brazilian Journal of Development**, [S.L.], v. 6, n. 8, p. 56835-56847, 2020. Brazilian Journal of Development. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n8-190>. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n8-190>

ALMEIDA JÚNIOR, J. J. et al. Analise das variáveis tecnológicas na cultura da soja (*Glycine max*) com utilização de remineralizador de solo como fertilizante. **Brazilian Journal of Development**, [S.L.], v. 6, n. 8, p. 56835-56847, 2020. Brazilian Journal of Development. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n8-190>. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n8-190>

ALMEIDA JÚNIOR, J. J. et al. Milho implantado em segunda safra no centro-oeste do Brasil com utilização do remineralizador micaxisto / Second-crop corn planted in central-western Brazil using micaxisto remineralizer. **Brazilian Journal of Development**, [S.L.], v. 8, n. 4, p. 29669-29680, 2022. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv8n4-452>. <https://doi.org/10.34117/bjdv8n4-452>

ALMEIDA JÚNIOR, J. J. et al. Remineralizador de solo organi cal como fonte de fertilizante natural para cultura da soja. **Conjecturas**, [S.L.], v. 22, n. 9, p. 513-526, 20 ago. 2022. Uniao Atlantica de Pesquisadores. <http://dx.doi.org/10.53660/conj-1286-x59>. <https://doi.org/10.53660/CONJ-1286-X59>

ANDERLONI, N. V. **Estudo do uso de remineralizador basáltico na dinâmica de lixiviação de solo cultivado**. 2021. 73 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental,

BÄNZINGER, M. et al. **Breeding for drought and nitrogen stress tolerance in maize**. México: CIMMYT, 2000. 68 p.

BONO, J. A. M.; ASSIS, T. E. de. Remineralizador de Solo na Cultura da Soja em Diferentes Sistemas de Plantio e Modos de Aplicação. **Ensaio e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, [S.L.], v. 27, n. 2, p. 243-252, 27 set. 2023. Editora e Distribuidora Educacional. <http://dx.doi.org/10.17921/1415-6938.2023v27n2p243-252>. <https://doi.org/10.17921/1415-6938.2023v27n2p243-252>

BORGES, T. A. et al. Produção e rendimento de etanol de variedades de batata-doce em resposta à aplicação de remineralizador de solos. **Delos: Desarrollo Local Sostenible**, [S.L.], v. 16, n. 46, p. 2245-2258, 5 set. 2023. South Florida Publishing LLC. <http://dx.doi.org/10.55905/rdelosv16.n46-015>. <https://doi.org/10.55905/rdelosv16.n46-015>

BOSCHIERO, B. N. **Quem são e quanto produzem os 5 maiores produtores de milho do mundo?** 2024. Disponível em: <https://agroadvance.com.br/blog-5-maiores-produtores-de-milho-do-mundo/>. Acesso em: 08 fev. 2024.

BRALTS, V. F.; KESNER, C. Drip irrigation field uniformity estimation. Transactions of the ASAE, ST. **Joseph**, Saint Joseph, v.24, n. 5, p. 1269-1374, 1983.

CASTRO, J. P. V. de et al. Eficiência Agronômica de Remineralizador do Solo de Micaxisto na Sucessão Milheto-Soja. **Research, Society and Development**, [S.L.], v. 11, n. 14, 11 páginas, 20 out. 2022. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i14.35864>. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i14.35864>

CASTRO, G.S.A.; CRUSCIOL, C.A.C.; CALONEGO, J.C.; ROSOLEM, C.A. Management Impacts on Soil Organic Matter of Tropical Soils. **Vadose Zone Journal**, v.1, p.8, 2014.

CASTRO, G.S.A. **Alterações físicas e químicas do solo em função do sistema de produção e da aplicação superficial de silicato e calcário**. UNESP Botucatu, 2009. Dissertação Mestrado, p.160.

CHU, M. M. **Produção de milho na China tem recorde**. 2023. Disponível em: www.reuters.com/. Acesso em: 8 fev. 2024.

COELHO, A. M. et al. (2002). Cultivo do milho: diagnose foliar do estado nutricional da planta. COELHO, A. M.; FRANCA, G. E. Seja doutor do seu milho: nutrição e adubação. **Arquivo do Agrônomo**, Piracicaba, n. 2, p. 1-9, 1995.

COELHO, J. D. **Milho: produção e mercados**. 182. ed. Fortaleza: Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste - ETENE, 2021. 11 p.

Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). **Safra Brasileira de Grãos**. 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 8 fev. 2024.

DAHER, E. **Quando comprar fertilizantes?** 2018. Associação Nacional para a Difusão de Adubos - ANDA. Disponível em: <https://anda.org.br/wp-content/uploads/2018/10/Quando-comprar-fertilizantes.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2024.

DETTMER, C. A. Uso de 'pó de rocha' em sistemas de produção agrícola: breve análise sobre viabilidade técnica. In: Encontro internacional de gestão desenvolvimento e inovação, 4., 2020, Naviraí. **Anais [...]**. Naviraí: Embrapa, 2020.

DIAS, E. A. Cultivo de milho em solo arenoso do cerrado mediante uso de remineralizadores. In: VIII ENEPEX (Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão) e o XII Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão (EPEX), 8., 2022, Dourados. **Anais do VIII ENEPEX e XII EPEX**. Dourados: Uems, 2022. p. 1-1.

DONATO, S. L. R. et al. Ecofisiologia e eficiência de uso da água em bananeira. In: Reunião Internacional ACORBAT, 20., 2013, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2013. p. 58-72.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. Sunderland: Sinauer Associates, 400 p., 2005

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira De Biometria**, [S.l.], v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019. doi:<https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>. <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>

GONZÁLEZ AGUILERA, J. G. et al. Efeito Residual de Doses de Pó de Basalto no Milho

Segunda Safra. **Ensaio e Ciência Biológicas Agrárias e da Saúde**, [S.L.], v. 26, n. 2, p. 281-288, 2022. <http://dx.doi.org/10.17921/1415-6938.2022v26n2p281-288>.
<https://doi.org/10.17921/1415-6938.2022v26n2p281-288>

GOTT, R. M. et al. Índices diagnósticos para interpretação de análise foliar do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.L.], v. 18, n. 11, p. 1110-1115, 2014.. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n11p1110-1115>. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n11p1110-1115>

GRECCO, M. F. et al. Efeito de rochas moídas e torta de tungue sobre a concentração e acumulação de nutrientes na parte aérea de plantas de milho (zea mays) In: II Congresso Brasileiro de Rochagem. **Anais [...]**. 101-108p. Poços de Caldas, MG. 2013.

GUERRA, A. F. et al. **Necessidade hídrica no cultivo de feijão, trigo, milho e arroz sob irrigação no bioma cerrado**. 1.ed. Planaltina, DF. Embrapa, 2003.

GUERRA, L. G. N. **Disponibilidade de K e P a partir de pó de Kamafugito em solos de diferentes classes texturais**. 2023. 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.

Instituto Brasileiro de Geografia (IBGE). **Produção agrícola - Cereais, leguminosas e oleaginosas**. 2024. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/monte-carmelo/>. Acesso em: 08 fev. 2024.

LEMES, J. B. P. et al. Potencialidades de uso do remineralizador de solo na cultura do milho verde. **Boletim Científico Agrônomo do CCAAB/UFRB**, v. 1, e2261, 2023. Disponível em: <https://ufrb.edu.br/ccaab/boletim-cientifico-agronomico-do-ccaab-volume1/2261-2261-pdf>

MACHADO, A. W. **Pó de rocha e Remineralizadores**. 2021. Agrolink. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/outros-insumos/>. Acesso em: 8 fev. 2024.

MARQUES, D. J. et al. Morphophysiological changes resulting from the application of silicon in corn plants under water stress. **J. Plant Growth Regul.** <https://doi.org/10.1007/s00344-021-10322-5> (2021)

MARTINS, E. de S. et al. Efeito da aplicação dos remineralizadores no solo. **Informe Agropecuário: Remineralizadores e a fertilidade do solo**, Belo Horizonte, v. 44, n. 321, p. 49-

56, fev. 2023.

MARTINS, E. de S.; HARDOIM, P. R.; MARTINS, É. de S. Efeito da aplicação dos remineralizadores no solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 44, n. 321, p. 49-56, 2023.

MELO, S.P.; MONTEIRO, F.A.; MANFREDINI, D. Silicate and phosphate combinations for marandu pallisadegrass growing on an oxisol. **Scientia Agrícola**, v.64, p.275-281, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162007000300010>

NOVAIS, R.F. et al. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília, Embrapa-SEA, 1991. 392 p.189-254.

OLIVEIRA, V. M. **Uso de remineralizador de solo como fonte de potássio na cultura do milho**. 2021. 33 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual do Tocantins, Palmas, 2021.

OROZCO-RAMÍREZ, Q. et al. Geographical distribution and diversity of maize (*Zea mays* L. subsp. *mays*) races in Mexico. **Genetic Resources and Crop Evolution**, [S.L.], v. 64, n. 5, p. 855-865, 2016. <http://dx.doi.org/10.1007/s10722-016-0405-0>. <https://doi.org/10.1007/s10722-016-0405-0>

RIBEIRO, A. C. et al. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em minas gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 43-60.

RIBES, R.P. et al. **Efeito De Rochas Moídas Sobre A Concentração De Macronutrientes Na Parte Aérea De Plantas De Milho**. WORKSHOP – Insumos Para a Agricultura Sustentável. Pelotas – RS, 2012

SANTOS, A.B. dos; FAGERIA, N. K.; ZIMMERMANN, F. J. P.. Atributos químicos do solo afetado pelo manejo da água e do fertilizante potássico na cultura de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.L.], v. 6, n. 1, p. 12-16, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-43662002000100003>. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662002000100003>

Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SANTOS, L. D. B. dos. **Análise do comportamento dos preços dos fertilizantes no Brasil - 2018 a 2021.** 2023. 46 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.

SANTOS, S. de S. dos. **Alternativas para o controle da cigarrinha do milho (*Dalbulus maidis*).** 2024. 31 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, If Goiano - Campus Rio Verde,

Secretaria de Comércio Exterior (SECEX). **Estatísticas de Comércio Exterior.** 2024. Disponível em: mdic.gov.br. Acesso em: 8 fev. 2024.

Serviço Geológico Do Brasil (SGB) – CPRM. **Remineralizadores de solo são alternativa para fertilizantes tradicionais na produção agrícola.** 2022. Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/publique/Noticias/Remineralizadores-de-solo-sao-alternativa-para-fertilizantes-tradicionais-na-producao-agricola-7586.html>. Acesso em: 25 jan. 2024.

SILVA, L. E. B. et al. Desenvolvimento da cultura do milho (*Zea mays* L.): revisão de literatura. **Diversitas Journal**, [S.L.], v. 5, n. 3, p. 1636-1657, 5 jul. 2020. Universidade Estadual de Alagoas. <http://dx.doi.org/10.17648/diversitas-journal-v5i3-869>.

SILVA, M. A. S. da et al. **Fertilização do solo.** 2021. Embrapa Arroz e Feijão. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/arroz/producao/sistema-de-cultivo/arroz-de-terras-altas/correcao-do-solo-e-adubacao/fertilizacao-do-solo>. Acesso em: 8 fev. 2024.

SOUSA, D. M. G. de et al. Manejo da Adubação Fosfatada para Culturas Anuais no Cerrado. **Circular Técnica (Cpac)**, Planaltina, v. 33, p. 1-10, 216.

SOUZA, A. A. de; SILVA, L. L. do N. **Aplicação de brassinosteroides e de *Azospirillum* no cultivo do milho no nordeste paraense.** 2023. 57 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia - Campus Capitão Poço, Capitão Poço, 2023.

POZZA, A.A.A.; CURI, N.; COSTA, E.T.S.; GUILHERME, L.R.G.; MELO MARQUES,

J.J.G.S.; MOTTA, P.E.F. Retenção e dessorção competitivas de ânions inorgânicos e gibbsita natural de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.11, p.1627-1633, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007001100015>

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M. Efeito da escória de siderurgia e calcário na disponibilidade de fósforo de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, p.1199-1204, 2001 <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2001000900014>

SOUZA, G. V. L. de. **Avaliação da eficiência agrônômica do pó de rocha basáltica como remineralizador de solos**. 2022. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2022.

TEIXEIRA, F. F.; TRINDADE, R. dos S. Recursos genéticos de milho: importância e uso no melhoramento. **Revista Ifes Ciência**, [S.L.], v. 7, n. 3, p. 01-22, 2021. <http://dx.doi.org/10.36524/ric.v7i3.1488>. <https://doi.org/10.36524/ric.v7i3.1488>

TEÓFILO, T. M. S. et al. Eficiência no uso da água e interferência de plantas daninhas no meloeiro cultivado nos sistemas de plantio direto e convencional. **Planta Daninha**, [S.L.], v. 30, n. 3, p. 547-556, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-83582012000300010>. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582012000300010>

THEODORO, S.H. et al. **Experiências de uso de rochas silicáticas como fonte de nutrientes**. Espaço e Geografia, v. 9, n. 2, p.263-292. ISSN 1516-9375, 2006.

TONINI, M. M. et al. Efeito de fontes de potássio no crescimento e produção da cultura do milho (*Zea mays* L.). **VII Fórum de Pesquisa e Extensão da Universidade de Marília**, Marília, v. 1, p. 29-33, nov. 2022.

U. S. Department of Agriculture (USDA). **Explorador de Milho**. 2023. Disponível em: <https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/cropview/commodity>. Acesso em: 8 fev. 2024.

VAN GENUCHTEN, M.T. Uma equação de forma fechada para prever a condutividade hidráulica de solos não saturados. *Ciência do Solo Sociedade Sou. J.*, 44:892-897, 1980.