

Centro Universitário UNA
Graduação em Agronomia

João Chaves Júnior

**VIABILIDADE DA ADUBAÇÃO DA CULTURA DO CAFÉ COM
REMINERALIZADORES A BASE DE PÓ DE ROCHA: UMA
ALTERNATIVA À ADUBAÇÃO TRADICIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de graduação
em Agronomia do Centro
Universitário UNA como requisito
parcial para obtenção do título de
Bacharel em Agronomia.

Orientador: M. Sc. Vinícius Geraldo Almeida

Itabira/MG
2022

RESUMO

A agricultura brasileira é uma das mais produtivas do mundo, e a cafeicultura nacional tem destaque importante na produção agrícola e nas exportações do país. No entanto, o Brasil é também um grande importador de fertilizantes, o que torna a produtividade nacional atrelada a outras nações que fornecem esses produtos. O presente artigo de revisão bibliográfica visa trazer uma análise sobre a viabilidade, de se realizar a adubação de lavouras de café no Brasil com remineralizadores de solo a base de pó de rocha como alternativa aos fertilizantes tradicionalmente utilizados. Através de pesquisas no acervo científico já publicado sobre o tema, buscou-se analisar a possibilidade de realizar esse método de adubação, tendo em vista os aspectos produtivos e econômicos. Pelo acervo consultado identificou-se que a prática já foi alvo de outros trabalhos e já é utilizada em algumas regiões do Brasil. Algumas das rochas mais utilizadas no momento são o Kamafugito, Anfibolito, Dunito, Serpentinó e Fonolito, sendo estas já exploradas e comercializadas com finalidade agrícola no estado de Minas Gerais. Os remineralizadores apresentam preço mais baixo do que os fertilizantes, entretanto menor concentração de nutrientes por quantidade de composto, de forma que para fornecer a quantidade exigida à cafeicultura ou outros cultivos agrícolas, são necessários grandes volumes do produto, tornando seu uso menos acessível, principalmente devido à limitações e custos com logística.

Palavras-chave: Café. Remineralizadores. Adubação. Produtividade. Pó de rocha. Rochagem.

Feasibility of fertilizing the coffee culture with remineralizers based on rock dust: an alternative to traditional fertilization

ABSTRACT

Brazilian agriculture is one of the most productive in the world, and national coffee production has an important role in agricultural production. However, Brazil is also a major importer of fertilizers, which makes national productivity linked to other nations that supply us with these products. This bibliographic review article aims to bring an analysis on the feasibility of carrying out the fertilization of coffee crops in Brazil with soil remineralizers based on rock dust as an alternative to the fertilizers traditionally used. Through research in the scientific collection already published on the subject, we sought to analyze the possibility of carrying out this method of fertilization, bearing in mind the productive and economic aspects. From the consulted collection, it was identified that the practice has already been the subject of other works and is already used in some regions of Brazil, some of the most used rocks at the present time are Kamafugito, Amphibolite, Dunito, Serpentinite and Phonolite, which are already explored and marketed for agricultural purposes in the state of Minas Gerais, for example. Remineralizers shows a lower price than fertilizers and also a lower concentration of nutrients per amount of compound, so that to provide the amount of nutrients required for coffee growing or other agricultural crops, large volumes of the product are needed, making its use less accessible mainly due to limitations and costs with logistics.

Keywords: Coffee. Remineralizers. Fertilizing. Productivity. Rock dust. Rocking.

1. INTRODUÇÃO

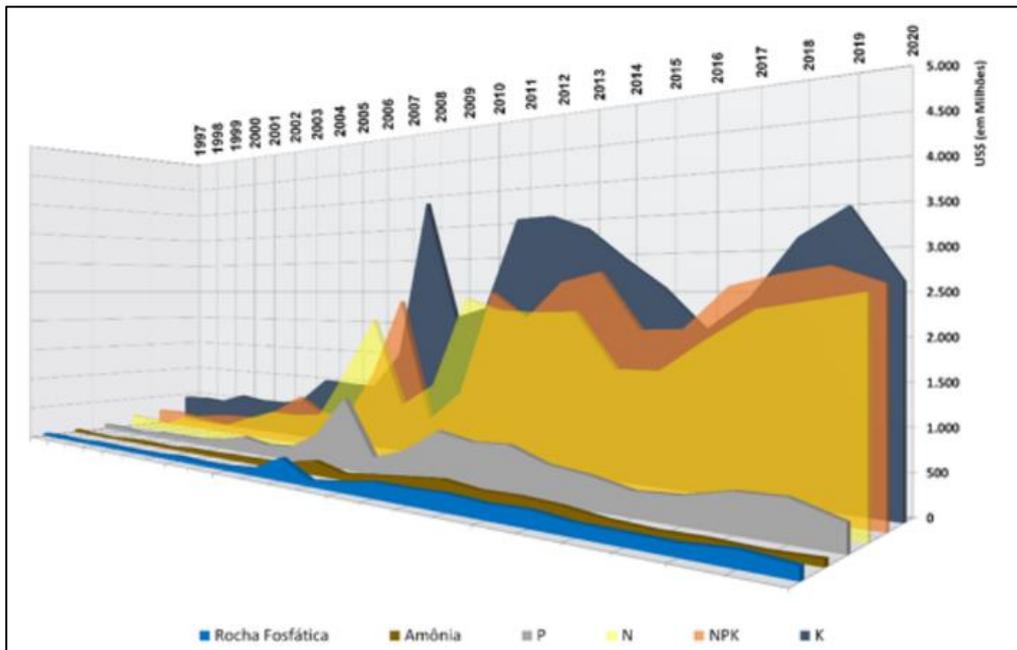
O Brasil é maior produtor mundial de café de acordo com dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Em 2021 o país foi responsável pelo fornecimento de 32% de todo o café consumido no mercado internacional, tornando-se líder mundial em produção e exportação do grão. Além do destaque na cafeicultura o Brasil também foi o país que mais exportou soja, e o terceiro que mais produziu feijão e milho no mesmo ano.

Em poucas décadas, o cenário de nação importadora de alimentos que convivia com os problemas associados à insegurança alimentar tornou-se grande exportadora e, graças a diversos investimentos em ciência e tecnologia no setor agropecuário hoje é um dos responsáveis por garantir o abastecimento de alimentos a várias outras nações (EMBRAPA, 2022).

No mesmo compasso em que a agricultura brasileira torna-se uma das mais produtivas do mundo, o setor aumentou o consumo de fertilizantes, consumindo atualmente 8% de toda demanda mundial de fertilizantes a base de NPK (fertilizantes que fornecem nitrogênio, fósforo e potássio) e se posicionando como o quinto maior consumidor desses produtos em todo planeta (DETTMER, 2021).

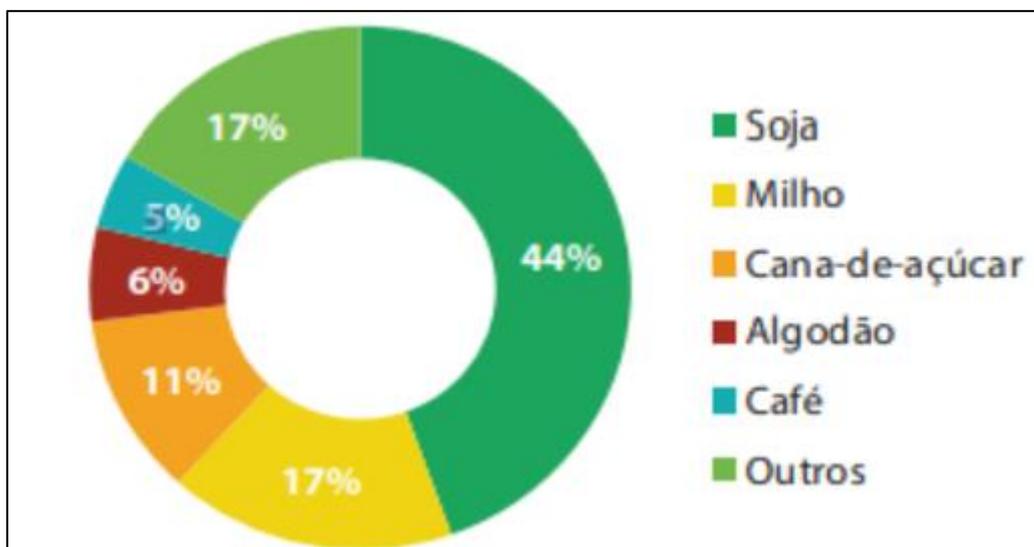
A importação de fertilizantes saltou de 7,4 milhões de toneladas em 1998 para 33 milhões de toneladas em 2020, representando aumento de 445% no consumo, enquanto a produção brasileira desses produtos diminuiu em 13,5% nestes anos (MAPA, 2022). Ainda de acordo com relatórios de previsão elaborados pelo MAPA (2022), o Brasil será responsável pela produção de aproximadamente metade de todo o alimento produzido no mundo nos próximos anos, agravando o quadro de dependência de importações para manter a produção agropecuária, visto que o aumento de preços dos fertilizantes impacta na produção e nas exportações nacionais (MAPA, 2022). Nas Figuras 1 e 2 é possível ter uma dimensão da situação atual do mercado de fertilizantes.

Figura 1: Importação de Fertilizantes no Brasil de 1997 a 2020



Fonte: Adaptado de MAPA (2022) *apud* Farias *et al.* (2021)

Figura 2: Consumo de fertilizantes por cultura agrícola no ano de 2020



Fonte: Adaptado de MAPA (2022) *apud* GlobalFert (2021)

Conforme indicam as Figuras 1 e 2, somados os valores dos diversos fertilizantes que são importados, em 2020 totalizaram mais de 7 bilhões de dólares, valores esses que além de deixar o Brasil dependente de outros

países aumentam os custos da produção nacional. Ainda analisando as imagens, é possível ver que o café ocupa a 5ª colocação entre as culturas que mais consomem esses fertilizantes.

Os remineralizadores de solo ou agrominerais alternativos surgem, atualmente, como uma alternativa ao uso de fertilizantes importados, ganhando espaço no mercado por serem acessíveis financeiramente, possuir disponibilidade nacional e por serem produtos mais sustentáveis (MEDEIROS *et al.*, 2022). No entanto, há algumas desvantagens destes em relação aos fertilizantes, sendo uma das principais delas, a dificuldade em solubilizar os nutrientes no volume e no prazo que as culturas agrícolas necessitam, conforme foi exposto por Batista *et al.* (2012).

Neste contexto, os agrominerais alternativos são uma das tecnologias que visam substituir as fontes tradicionais de adubação mantendo a fertilidade dos solos, sendo definidos como materiais naturais inorgânicos beneficiados única e exclusivamente por processos físicos e que possuem características desejáveis para uso em solos agrícolas (EMBRAPA, 2020).

Uma das classes desses compostos, os agrominerais silicáticos, (também conhecidos como remineralizadores) apresentam elementos químicos que servem de nutrientes para o desenvolvimento dos vegetais, com destaque para a subclasse do aluminossilicatos. No entanto, a transformação no solo e disponibilização desses elementos químicos para as plantas, normalmente não acontece em tempo hábil, nem nas quantidades necessárias aos plantios agrícolas (EMBRAPA, 2020).

A Lei nº 12.890 de 2013 (BRASIL, 2013) define remineralizador como um material de origem mineral, que sofreu apenas processos físicos para redução do tamanho da partícula e que apresenta propriedades capazes de alterar a fertilidade de solos através do acréscimo de macronutrientes e micronutrientes, ou seja, que possa promover uma melhoria nas propriedades físicas, químicas ou biológicas desses solos (BRASIL, 2013).

A partir do exposto, o objetivo do presente trabalho foi realizar uma análise da viabilidade de substituir a adubação tradicional realizada nos cafezais do Brasil por meio da utilização de remineralizadores à base de pó de

rocha. Possibilitando realizar comparações quanto à produtividade da cultura em ambos os tratos culturais e analisar despesas com a produção, tendo em vista as esferas socioeconômica e ambiental, utilizando para isto acervo científico já publicado acerca do tema.

2. METODOLOGIA

Por se tratar de uma investigação que busca identificar casos de aplicação de adubação de café por meio de remineralizadores de solos e comparar a produtividade, os custos e os fatores de sustentabilidade neste modelo de adubação, este trabalho se enquadra como uma pesquisa de natureza teórica sem aplicação prática (TRIVIÑOZ, 1987).

Por meio de revisão de literatura sobre o tema: “Viabilidade da adubação da cultura do café com remineralizadores a base de pó de rocha como alternativa à adubação tradicional”, foram realizadas consultas em meios físicos e virtuais que permitiram a construção desse material, de forma que seja classificado como um conteúdo teórico, baseado em uma pesquisa de características qualitativas.

A maior parte dos conteúdos científicos que serviram de base para construção desse estudo, foram pesquisados e acessados através de sites da internet, buscas nas plataformas Scholar Google, Scielo (*Scientific Electronic Library Online*) e Portal de bibliotecas da EMBRAPA nortearam as buscas por literaturas acerca do tema proposto. Por meio de *folders* e propagandas divulgadas pelas empresas que vendem os remineralizadores em Minas Gerais, foi possível verificar a composição química e os preços desses produtos.

Foram priorizados artigos publicados nos últimos dez anos, visto que as buscas realizadas para compor esta pesquisa indicam que as discussões e os estudos acerca do tema ainda estão em desenvolvimento. Somente com a publicação da lei 12.890/2013 (BRASIL, 2013) houve o início da divulgação de um volume maior de trabalhos científicos avaliando o potencial do uso de remineralizadores na agricultura.

Com a legislação supracitada, houve a regulamentação do uso de insumos remineralizadores na agricultura brasileira, então o presente intuito foi contextualizar o que se tem até o momento sobre a adubação de cafezais com remineralizadores e fazer uma breve análise sobre o uso desses remineralizadores.

Para realizar a comparação dos custos dos remineralizadores com os fertilizantes mais comumente utilizados atualmente, foi realizada uma pesquisa de preços simples, através de contato telefônico com os principais fornecedores de remineralizadores em Minas Gerais e com os principais fornecedores de fertilizantes para Itabira-MG, região para onde se estimou os preços dos produtos e custos com logística.

Para as buscas de trabalhos nas plataformas virtuais foram utilizados os seguintes descritores: Remineralizadores; Adubação de café com pó de rocha; Adubação de café com remineralizadores; Fertilizantes no Brasil 2022; Pó de rocha na agricultura brasileira; Adubação do cafeeiro; e Remineralizadores no Brasil.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Contextualização e aspectos produtivos

A cafeicultura responde pela quinta colocação na pauta de exportação brasileira e movimenta bilhões de dólares anualmente (MAPA, 2017). Em termos de extensão territorial, esse cultivo ocupa uma área estimada de 2 milhões de hectares, envolvendo aproximadamente 300 mil produtores de acordo com dados do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2017).

A cafeicultura nacional é reconhecida no mundo todo como uma das mais preocupadas com questões sociais e ambientais, além de buscar sempre uma produção sustentável, que é regida por rigorosas leis ambientais e trabalhistas (MAPA, 2017).

O pó de rocha é um produto mineral que pode apresentar atributos de condicionador de solos, muitas pesquisas vêm tentando encontrar rochas que

possuam potencial agrônômico para aplicação na agricultura com efeitos benéficos sobre o solo e as plantas e entender esses fenômenos (VELOSO, 2021).

A necessidade em tornar o setor agrícola mais sustentável do ponto de vista econômico e também ambiental, leva a uma busca constante de fontes nutricionais mais eficientes, mais econômicas e mais acessíveis, chegando a testar resíduos industriais na agricultura, dentre os quais se encontra o pó de rocha (VELOSO, 2021).

O pó de rocha comumente é um subproduto, obtido pelo setor de mineração durante exploração mineral em pedreiras ou processos de beneficiamento de rochas. Na ocasião em que o pó de rocha apresentar características desejáveis para uso em solos agrícolas, pode ser então nomeado também de remineralizador, em conformidade com a lei nº 12.890 de 2013 (VELOSO, 2021; BRASIL, 2013).

De acordo com VELOSO (2021) as rochas mais utilizadas na agricultura atualmente são: Fonolito, Kamafugito, Biotita, Micaxisto, Glauconita, Basalto, Ardósia e Siltito Glauconítico.

O pó de rocha utilizado na agricultura pode vir de rochas mineradas exclusivamente para essa finalidade ou pode ser oriundo de outros processos minerários e industriais como é o exemplo do Granito, que embora o resíduo de seu beneficiamento seja considerado um contaminante ambiental, foi comprovado por meio de testes laboratoriais que o pó desta rocha pode trazer benefícios em termos de correção do pH do solo.

O trabalho de MARTINS e FANTON, (2011) analisou esse cenário e provou que doses crescentes do resíduo elevam o pH do solo e reduzem a concentração de Al^{3+} . Os autores relatam que apesar da magnitude de ocorrência ser pequena, provou-se que doses de aproximadamente 20 toneladas por hectare geraram o crescimento inicial que é considerado adequado para a cultura do café, demonstrando ainda maior eficiência do resíduo de beneficiamento do granito em solos com maior poder tampão (MARTINS e FANTON, 2011).

Os solos do estado de Minas Gerais, maior produtor de café do Brasil,

apresentam muitas vezes essas características de serem intemperizados, apresentarem perfil argiloso e elevado poder tampão, sugerindo que a adubação por meio de resíduos de Granito pode ser benéfica para a correção de pH no estado (MARTINS e FANTON, 2011; MAPA, 2017; EMBRAPA, 2004).

Outro exemplo é o caso do estudo de Souza *et al.* (2017) que utilizou resíduos minerais da mineração de esmeraldas em Monte Santo – TO como remineralizador de solos agrícolas. O produto testado foi um composto formado em sua maioria pelas rochas biotita gnaisse e anfibolito e ao ser testado no cultivo de milho apresentou bons resultados.

O trabalho de Souza *et al.* (2017) determinou a eficiência dos resíduos da mineração de esmeralda como fonte de K, Ca e Mg. Os resultados demonstraram aumento no PH e na CTC do solo. Os autores estimaram que a aplicação de 6 T/ha do produto produziu efeitos semelhantes a aplicação de 360 Kg/ha de KCl na cultura (SOUZA *et al.*, 2017).

A pesquisa de Souza *et al.* (2017) também considerou a característica de baixa solubilidade de rochas silicáticas (disponibilização lenta dos nutrientes para as culturas agrícolas) e identificou como uma vantagem para adubação de solos tropicais que sofrem forte intemperismo por meio do uso de resíduos minerais da mineração de esmeraldas (SOUZA *et al.*, 2017 *apud* LEONARDOS *et al.* 2000), pois, segundo os autores, ao contrário das fontes tradicionais que apresentam maior solubilidade, o pó de rocha sofre menos lixiviação e pode promover efeitos residuais nos solos ao longo do tempo (SOUZA *et al.*, 2017 *apud* MARTINS *et al.* 2010).

Valentini *et al.*, 2016 definem o uso do pó de rocha como alternativa importante para manejar a fertilidade dos solos e apontam algumas vantagens de seu uso, como o aumento da eficiência das culturas em aproveitar os nutrientes do solo e o melhoramento da atividade biológica do solo por apresentar base voltada para a agroecologia (VALENTINI *et al.*, 2016).

O Instituto Brasil Orgânico (2022) realizou um levantamento dos principais remineralizadores registrados no MAPA e os locais onde são explorados e comercializados. Baseado nessas informações, no Quadro 1

estão listados os principais remineralizadores de solo a venda no estado de Minas Gerais registrados no MAPA.

Quadro 1: Principais remineralizadores de solo em MG

UF	Município	Razão Social	Site internet	Classificação	Rocha	Nome comercial
MG	Carmo do Paranaíba	TRIUNFO MINERAÇÃO DO BRASIL LTDA	https://www.kpfertil.net.br/	Remineralizador	Kamafugito	KP-Fétil
MG	Muzambinho	BRITAMIL - BRITA, CONCRETO E SERVIÇOS DE ENGENHARIA LTDA	https://www.britamil.com.br/	Remineralizador	Anfibolito	BMSOLO Master
MG	Nova Lima	PEDRAS CONGONHAS EXTRACAO ARTE INDUSTRIA LIMITADA	http://pedrascongonghas.com.br/	Remineralizador	Serpentinó + Fonolito	Dunito
MG	São Gotardo	VERDE FERTILIZANTES LTDA	https://verde.ag/	Remineralizador	Siltito Glauconítico	K-Forte
MG	Poços de Caldas	MINERACAO CURIMBABA LTDA	http://www.yoorin.com.br/pt/produtos/ekosil	Remineralizador	Fonolito	Ekosil
MG	Poços de Caldas	MINERACAO CURIMBABA LTDA	http://www.yoorin.com.br/pt/produtos/potasil	Remineralizador	Sienito	Potasil
MG	Pratápolis	CMAG FERTILIZANTES	https://cmagfert.com.br/	Fertilizante (Mg)	Dunito	Dunito

Fonte: Adaptado de Instituto Brasil Orgânico (2022) *apud* Theodoro *et al.*

Outro trabalho que explorou o uso de pó de rochas como fontes nutricionais para o café foi o trabalho de Mancuso *et al.* (2013), o qual analisou o uso de um remineralizador a base do pó da rocha Fonolito como fonte de K na adubação do Café Arábica.

Os autores compararam a produtividade de cafeeiros nas safras 2008/2009 e 2009/2010 em três cenários: 1- adubação com KCl; 2- adubação com o pó da rocha da fonolito; e 3- plantio sem receber adubação potássica (testemunhas). O resultado demonstrou que a dose de 150 kg/ha de K₂O foi a que ocasionou maior produtividade no experimento, tanto oriundo do KCl como do pó de rocha.

O produto comercial utilizado na pesquisa de Mancuso *et al.* (2013), era vendido como “MC YOORIN F2”, produzido pela empresa Mineração Curimbaba em Poços de Caldas-MG. Atualmente, com composição semelhante está disponível no mercado o composto nomeado de “EKOSIL”, extraído e comercializado pela mesma empresa no mesmo município.

O trabalho de Mancuso *et al.* (2013) conclui que a dosagem utilizada de

150 kg/ha de K₂O favoreceu a maior produtividade de café independente da fonte do nutriente, identificando vantagem para a adubação por fonolito. Em termos numéricos, os resultados mostraram que no ano da bienalidade alta do café, a dose de 150 kg/ ha de K₂O oriunda do fonolito gerou um aumento na produtividade de 1979,4 Kg/ ha, enquanto a dose de 150 kg/ha de K₂O oriunda do KCl aumentou a produtividade em 1673,9 Kg/ha.

Outro trabalho semelhante é o de Camillato e Vilela (2021) que realizou uma pesquisa bibliográfica sobre estudos já publicados, analisando a eficiência agrônômica do pó de rocha na agricultura. Um dos resultados desse estudo comprovou um aumento no teor de Mg foliar na cultura do Café Arábica, que havia sido adubado com o pó da rocha Serpentinó. O estudo ainda demonstra que o cafeeiro também apresentou acréscimo de produtividade em sua segunda safra, embora no texto não esteja informado qual foi essa produtividade e nem o percentual desse acréscimo (CAMILLATO e VILELA, 2021).

Outro produto que está sendo utilizado no mercado possui como base a rocha Dunito, denominado comercialmente como Dunito (Pratápolis). Este remineralizador é produzido pela empresa CMAG Fertilizantes e apesar de ser obtido assim como os demais remineralizadores, por meio do processo de moagem de rochas, possui registro no MAPA como fertilizante mineral simples devido seu elevado teor de Mg.

O Dunito (Pratápolis) possui uso aprovado para sistemas orgânicos e é conhecido pela sua capacidade de correção de solo. De acordo com pesquisa elaborada por Imaizumi *et al.* (2018), o composto é capaz de incrementar os teores de Mg e Si, aumentar a participação do Mg na CTC, elevar o pH e neutralizar o efeito do alumínio no solo (IMAIZUMI *et al.*, 2018).

Embora apresentando vantagens, o trabalho de Imaizumi *et al.* (2018), deixa claro que em comparação com uso do calcário como corretivo, o Dunito (Pratápolis) tem um processo de reação mais lenta no solo e também demanda uma quantidade bem maior de produto para obtenção de resultados semelhantes (IMAIZUMI *et al.*, 2018).

Esta consideração, quanto à solubilidade das rochas também foi

pontuada por Batista et al. (2012), relatando que uma das dificuldades para o uso dos compostos remineralizadores está na busca de alternativas que possibilitem a dissolução das rochas, de modo que os nutrientes possam ser fornecidos em quantidade e tempo favoráveis para o aproveitamento das plantas (BATISTA et al., 2012).

Outro produto remineralizador registrado no MAPA em Minas Gerais é o “KP Fértil”, produzido na região de Patos de Minas pela empresa Triunfo Mineração do Brasil LTDA. Este insumo é obtido a partir da rocha Kamafugito e é aprovado para uso em sistemas orgânicos. O uso desse produto é associado com o aumento de produtividade na cultura do café.

A pesquisa de Eiterer (2019), realizada no Município de Presidente Olegário (MG), consistiu em adubar áreas de café com composto orgânico da casca do café (restos provenientes do processo de beneficiamento dos grãos após colheita) associado ao remineralizador KP Fértil.

No experimento de Eiterer (2019), foram aplicados dois tratamentos com concentrações de produto diferentes: 1- 200 Kg/m³ e 2- 300 Kg/m³. Além de manter uma área testemunha, que não recebeu adubação. Além da diferença quanto à concentração, o autor aplicou os tratamentos em duas áreas de lavoura distintas: 1- lavoura em produção e 2- lavoura esqueletada.

Na área do café em produção o tratamento com 200 Kg/m³ de KP Fértil proporcionou aumento na produção de 5,3 sacas/ha em relação à testemunha, enquanto o tratamento com 300 Kg/m³ de KP Fértil reduziu a produção em 2,6 sacas/ha. Já na lavoura onde o café havia sido esqueletado o tratamento com 200 Kg/m³ de KP Fértil proporcionou aumento na produção de 14,6 sacas/ha em relação à testemunha, e o tratamento com 300 Kg/m³ de KP Fértil aumentou a produção em 20,7 sacas/ha.

O trabalho de Eiterer (2019) conclui mostrando resultados eficientes com a aplicação do KP Fértil no café que havia sido esqueletado e indicou que, de modo geral, a aplicação do composto proporcionou aumento nos níveis de P e K no solo (EITERER, 2019).

3.2 Análise econômica

As despesas com fertilizantes constituem aproximadamente 21,61% dos custos que envolvem a produção do café, com valor estimado de R\$ 3.450,00/ha no de ano 2017 (DOS SANTOS e CAMPOS, 2020). Para gerenciar a propriedade rural, o produtor deve estar atento, tentando sempre priorizar a otimização da produção e minimizar os custos o máximo possível (DOS SANTOS e CAMPOS, 2020).

Dessa forma torna-se necessário avaliar os custos com remineralizadores em comparação com os fertilizantes tradicionais, para determinar se realmente apresentam uma alternativa economicamente viável. A Tabela 1 apresenta os preços comerciais e as concentrações dos nutrientes (conforme folders de divulgação dos fabricantes) de alguns dos remineralizadores anteriormente citados no Quadro 1.

Tabela 1: Preços de alguns dos Remineralizadores pesquisados

Produto	Preço por tonelada de produto	Total de nutrientes por tonelada de produto	Frete estimado para Itabira-MG
KP Fértil	R\$ 314,00 (granel) R\$ 365,00 (bag 1000 Kg)	30 Kg de K ₂ O 30 Kg de P ₂ O ₅ 40 Kg de CaO 40 Kg de MgO	R\$ 8.000,00 (caminhão de 11 a 20 toneladas)
Ekosil	R\$ 650,00 (sacos 25 Kg) R\$ 690,00 (bag 1000 Kg) R\$ 710,00 (bag 500 kg)	80 Kg de K ₂ O	R\$ 8.500,00 (caminhão de 11 a 20 toneladas)
Potasil	R\$ 670,00 (bag 1000 Kg)	120 Kg de K ₂ O	R\$ 8.500,00 (caminhão de 11 a 20 toneladas)
BMSOLO Master	R\$ 120,00 (granel)	26 Kg de K ₂ O 49,6 Kg de MgO 11,5 Kg de P ₂ O ₅ 72 Kg de CaO	R\$ 9.000,00 (carreta de 30 toneladas)
K-Forte	R\$ 390,00 (granel) R\$ 455,00 (bag 1000 Kg)	100 Kg de K ₂ O 5 Kg de Mg 0,8 Kg de Mn	R\$ 7.770,00 (carreta de 37 toneladas)
Dunito (Nova Lima)	R\$ 320 (granel) R\$ 430,00 (bag 1000 Kg)	240 Kg de Mg	R\$ 3.220,00 (carreta de 28 toneladas)

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Com relação aos valores de frete, as empresas fornecedoras dos compostos Dunito (Nova Lima), K-Forte e BMSOLO Master oferecerem frete próprio ou por meio de transportadoras parceiras. Os valores estimados de transporte dessas empresas foram repassados através de contato telefônico. Já as empresas fornecedoras do KP-Fértil, Potasil e Ekosil informaram que o frete deve ser por conta do cliente, logo a estimativa do valor foi realizada através de orçamento com empresa de transportes em Itabira-MG, considerando transporte da carga para este município.

Para realizar o levantamento dos custos dos fertilizantes de forma a obter uma comparação fiel, foi realizada uma pesquisa de preços dos fertilizantes mais utilizados na região de Itabira-MG, através de contato telefônico com a Cooperativa Agropecuária Vale do Santo Antônio LTDA (Cooperativa de Santa Maria de Itabira-MG). Por meio deste contato foram levantados os preços das unidades dos fertilizantes que são vendidos em sacas de 50 Kg. O valor do frete foi orçado com transportador parceiro da empresa e os valores estão discriminados na Tabela 2.

Tabela 2: Preços dos Fertilizantes mais utilizados na região de Itabira (Preços da cooperativa de Santa Maria de Itabira-MG)

Produto	Preço da saca de 50 Kg	Total de nutrientes por saca de produto	Frete Estimado para Itabira-MG
Superfosfato Simples	R\$ 140,00	9 Kg de P ₂ O ₅	R\$ 250,00 (mínimo 20 sacas)
Cloreto de Potássio	R\$ 274,00	29 Kg de K ₂ O	R\$ 250,00 (mínimo 20 sacas)
Formulado NPK 4-14-8	R\$ 142,75	4 Kg de K ₂ O 7 Kg de P ₂ O ₅ 2 Kg de N	R\$ 250,00 (mínimo 20 sacas)
Formulado NPK 20-05-20	R\$ 199,00	10 Kg de K ₂ O 2,5 Kg de P ₂ O ₅ 10 Kg de N	R\$ 250,00 (mínimo 20 sacas)

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Com a finalidade de comparar o custo-benefício entre os produtos pesquisados, estão descritos na Tabela 3 os valores necessários para realizar

uma adubação de produção em cafeeiro adulto, considerando uma composição de solo característica da região de Itabira-MG, conforme classificação da EMBRAPA (2018) e EMBRAPA (2004).

A região em que o município de Itabira está inserido apresenta predominância de Latossolos. Estes solos possuem a característica de serem intemperizados e conseqüentemente apresentar baixa disponibilidade natural de P e K. Para fins da recomendação de adubação exposta no parágrafo abaixo, tomou-se como base um teor suposto de argila de 45% no solo.

Desta forma, de acordo com a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999), a recomendação de adubação para alcançar uma produtividade entre 30 e 40 sacas de café por hectare seria de 40 Kg/ha/ano de P₂O₅ e 300 Kg/ha/ano de K₂O.

Para chegar à quantidade de cada produto aplicado nos cenários expostos pela Tabela 3, foram consideradas as concentrações em quilogramas de P₂O₅ e K₂O disponíveis em cada saca de fertilizante e em cada tonelada no caso dos remineralizadores, assim foram calculadas as quantidades necessárias dos compostos para se atingir a recomendação necessária.

Tabela 3: Comparativo de preços e dosagens de produtos para adubação no cenário anteriormente descrito

Cenário	Produtos a serem utilizados (adubação)	Quantidade de cada produto a ser aplicada por hectare	Custo total (produto + transporte)
Cenário 1	KP Fértil e K-Forte	1,3 ton de KP Fértil + 2,6 ton de K-forte	R\$ 2.913,00
Cenário 2	BMSolo Master e K-Forte	3,5 ton de BMSolo Master + 2,1 ton de K-Forte	R\$ 2.730,00
Cenário 3	Superfosfato Simples e Potássil	225 Kg de Superfosfato Simples + 2,5 ton de Potasil	R\$ 4.566,00
Cenário 4	Superfosfato Simples e Cloreto de Potássio	225 Kg de Superfosfato Simples + 515 Kg de Cloreto de Potássio	R\$ 3.964,00
Cenário 5	Produto formulado NPK 20-05-20	1,5 ton do produto formulado NPK	R\$ 6.220,00

Legenda: ton - tonelada

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

O valor final de cada cenário foi estimado somando os valores de cada produto a ser adquirido com o valor do frete dividido por cada tonelada do produto transportado. Já no caso dos fertilizantes vendidos em Santa Maria de Itabira-MG foi fixado o valor de R\$ 250,00 para o transporte de 20 sacas, que foi o preço mínimo para a entrega em localidades rurais do Município de Itabira, conforme informado pelo responsável do transporte.

Por meio da Tabela 3, nota-se que o cenário de adubação de menor custo é o Cenário 2, enquanto o Cenário 5 foi a condição de maior custo. A simulação realizada permite considerar que os remineralizadores podem apresentar uma alternativa de fertilização menos onerosa financeiramente e ser capaz de atingir os mesmos patamares de nutrição que os formulados químicos.

No entanto alguns fatores devem ser levados em consideração ao analisar os resultados da tabela acima, dentre todos pode-se destacar 4 fatores que vão impactar diretamente na viabilidade da utilização dos remineralizadores:

- 1- Ao trabalhar com os remineralizadores, se lida com um volume muito maior de composto, para um pequeno produtor rural torna-se mais difícil e oneroso aplicar toneladas de pó de rocha na lavoura quando fertilizantes tradicionais requerem entre 10 ou 20 sacos por hectare (EMBRAPA, 2020);
- 2- Acesso aos pós de rocha na agricultura ainda não é facilitado, uma vez que os produtos não estão presentes em todas as regiões agrícolas do país, o que dificulta o conhecimento dos resultados na lavoura e o torna um produto de aquisição mais difícil;
- 3- Despesas logísticas, pois além de serem necessárias toneladas de remineralizadores para fornecer nutrientes às culturas agrícolas nas mesmas proporções que os fertilizantes o produto mais pesado e volumoso, geralmente é extraído de minas distantes dos cultivos (EMBRAPA, 2020);
- 4- Não existem no mercado remineralizadores que fornecem

nitrogênio, sendo uma desvantagem frente aos adubos tradicionais, principalmente os formulados que fornecem NPK em um só produto.

O estudo do pó de rocha na agricultura ajuda a buscar uma alternativa social, ambiental e economicamente mais vantajosa do que as fontes convencionais. O uso das rochas silicatadas já ocorre há algum tempo no Brasil, porém, são necessários estudos onde os agricultores participem mais ativamente, principalmente com compostos de disponibilidade local, em quantidade abundante e nas diversas localidades do país (VALENTINE *et al.*, 2016 *apud* CARVALHO, 2012).

4. CONCLUSÃO

Os compostos minerais à base de pó de rocha, conhecidos como agrominerais silicáticos ou remineralizadores, apresentam uma alternativa para a situação dos fertilizantes no Brasil. No entanto, o uso desses produtos na cafeicultura ainda é assunto de discussão recente, pouco difundido e pouco usual nos meios agrícolas do país, fato que pode ser constatado pelo baixo volume de pesquisas publicadas sobre o tema.

Os agrominerais silicáticos demonstram eficiência no fornecimento de macronutrientes para as plantas, porém, essa disponibilização ocorre de forma lenta quando comparados aos fertilizantes tradicionais. Antes do início do uso de remineralizadores como fonte de adubação na agricultura, é necessário considerar o prazo de preparo do solo com esses produtos. Esse prazo tende a ser maior que o de outras fontes de adubação, para que a solubilização dos nutrientes ocorra em tempo hábil para a absorção pelas raízes das plantas, principalmente no plantio é necessário ser assertivo ao calcular esse prazo.

Existem estudos publicados que demonstram bons resultados da utilização de pó de rochas como fonte de adubação em cafeeiros. As aplicações de derivados de Anfíbolito, Biotita, Dunito, Fonolito, Granito, Kamafugito e Serpentinó apresentaram bons resultados na disponibilização de nutrientes, correção de pH e aumento da CTC do solo.

No entanto algumas limitações quanto ao uso destes produtos são percebidas, podendo citar atualmente as despesas logísticas e as baixas concentrações de nutrientes nos remineralizadores, que demandam conseqüentemente a aquisição de um volume maior desses compostos. Estas limitações inviabilizam, muitas vezes, o acesso de pequenos proprietários rurais aos compostos remineralizadores.

Identificou-se que os pós de rocha ainda são pouco difundidos em estabelecimentos comerciais agropecuários em comparação aos fertilizantes tradicionais. Produtos como o Cloreto de Potássio, Superfosfato Simples e os compostos formulados NPK ainda dominam o mercado de fertilizantes no Brasil, sendo livremente comercializados e facilmente encontrados nesses estabelecimentos. A forma de comercialização destes fertilizantes, geralmente em sacarias de 25 kg ou 50 Kg, favorece a aquisição do pequeno produtor por entregar os nutrientes necessários em um volume menor de produto, e conseqüente facilita o transporte e assim se torna mais acessível.

A partir do exposto e conhecendo as limitações no uso dos remineralizadores, torna-se necessário difundir estes produtos nos estabelecimentos comerciais pelo Brasil, possibilitando com a maior oferta, o aumento da acessibilidade/disponibilidade dos produtos aos produtores de café.

Algumas limitações se opuseram à pesquisa que foi desenvolvida nesse trabalho. Houve diversas dificuldades para conseguir realizar o levantamento de preços com as empresas através de contato telefônico, principalmente para estimar o valor do frete, o qual depende do peso da carga a ser transportada, da distância da mina até a propriedade rural e está sujeito às condições de tráfego das estradas rurais pelo país, que muitas vezes não comportam caminhões de grande porte e nem carretas. A constatada escassez de publicações associando o uso dos remineralizadores à produtividade e aos custos na cafeicultura, também foram fatores determinantes dos resultados desta pesquisa.

Uma sugestão para trabalhos futuros seria o desenvolvimento de pesquisas realizando a adubação de lavouras de café em áreas relativamente

próximas às minas onde os principais pós de rocha comercializados no mercado são extraídos, comparando custos e produtividade com o processo tradicional de fertilização do solo, repetir os mesmos experimentos para lavouras em regiões mais distantes, gerando assim um parâmetro mais assertivo de comparação produtiva e financeira.

REFERÊNCIAS

BATISTA, R. O.; RESENDE, A. V.; MOREIRA, S. G.; MARRIE, I. E.; GOTT, R. M.; HICKMANN, C.; CONCEIÇÃO, O. P. **Avaliação preliminar de um processo de compostagem associado ao uso de rochas como fontes de fósforo**. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Uberlândia, 33., 2012.

BRASIL. **Lei nº 12.890 de 10 de dezembro de 2013**. Mudanças da Lei nº 6.894 de 16 de dezembro de 1980, para incluir os remineralizadores como insumo para agricultura. Diário Oficial da União - Seção 1, Página 1. Brasília, Distrito Federal.

CAMILLATO, P. V. A. F.; VILELA, G. F. **Estruturação de banco de dados georreferenciado de rochas ultramáficas em estudos de eficiência agrônômica**. In Anais 15º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2021. Nº 21512. 2021.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (5º Aproximação)**. Viçosa: SbcS, 1999.

DETTMER, C. A. **Uso de pó de rocha como fonte alternativa de adubação em cultivos anuais para as culturas de soja e milho, sob contextos técnicos e econômicos no Mato Grosso do Sul**. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária, Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, 2021.

DOS SANTOS, D. F.; CAMPOS, G. **Viabilidade Econômico-Financeira para expansão da cafeicultura em Unaí, Minas Gerais**. Journal of Perspectives in Management–JPM, v. 4, p. 84-100, 2020.

EITERER, C. H. **Produtividade de café com uso de composto enriquecido com KPFétil**. Cartilha. KP Fétil, Minas Gerais. . 2019. Disponível em: <<https://kp-fertil.com/resultados-compostagem/>>. Acesso em: 28/10/2022.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária . **Esclarecimentos sobre uso de agrominerais silicáticos (remineralizadores) na agricultura - Esclarecimentos Oficiais**. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/esclarecimentos-oficiais/-/asset_publisher/TMQZKu1jxu5K/content/esclarecimentos-sobre-uso-de-agrominerais-silicaticos-remineralizadores-na-agricultura?inheritRedirect=false>. Acesso em: 16/10/2022.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Ciência e tecnologia tornaram o Brasil um dos maiores produtores mundiais de alimentos.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/75085849/ciencia-e-tecnologia-tornaram-o-brasil-um-dos-maiores-produtores-mundiais-de-alimentos?p_auth=kx1aupmQ>. Acesso em: 15/10/2022.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 63:** Mapeamento de solos e aptidão agrícola das terras do estado de Minas Gerais. Rio de Janeiro-RJ. 2004.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 5. ed. Brasília-DF. 2018.

IMAIZUMI, C.; ROSSI, R.; FORTES, L. **Potencialidades do dunito como fonte de silício e magnésio para a agricultura.** Cartilha. CMAG Fertilizantes, Jaboticabal/Minas Gerais.2018. Disponível em: <<https://cmagfert.com.br/wp-content/uploads/2019/10/Dunito-CMAG-Fertilizantes.pdf>>. Acesso em: 01/11/2022.

INSTITUTO BRASIL ORGÂNICO. **Mapa de pós de rocha registrados no Ministério da Agricultura disponíveis no Brasil.** Disponível em: <<https://institutobrasilorganico.org/atuacao/mapa-de-remineralizadores/#:~:text=Os%20remineralizadores%20de%20solos%20s%C3%A3o,os%20micro%20organismos%20do%20solo>>. Acesso em: 15/10/2022.

MACHADO, A. W. **Pó de rocha e Remineralizadores - tudo o que você precisa saber.** 2021. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/outros-insumos/o-que-e-rochagem---propriedades--vantagens--aplicacao-e-legislacao_455174.html>. Acesso em: 17/11/2022.

MANCUSO, M. A. C.; SORATTO, R. P.; PALHANO, M. G.; CRUSCIOL, C. A. C. **Rocha fonolito moída como fonte de potássio para cultura do café arábica.** In Anais II Congresso Brasileiro de Rochagem. Minas Gerais, p. 338-350. 2013.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Café no Brasil.** 2017. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/cafe/cafeicultura-brasileira>>. Acesso em: 19/10/2022.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Estatísticas do Setor**. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/plano-nacional-de-fertilizantes/estatisticas-do-setor>>. Acesso em: 15/10/2022.

MARTINS, A. G.; FANTON, C. J. **Resíduo de beneficiamento do granito como fertilizante alternativo na cultura do café**. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 16-26, 2011.

MEDEIROS, F. P.; DOMICIANO DE AMORIM, G.; SILVA, R. F.; MUNDSTOCK X. DE CARVALHO, A.; CARDOSO, I. M. **Pós de rocha: : uma tecnologia que auxilia nos processos de transição agroecológica**. Revista Brasileira de Agroecologia, [S. l.], v. 17, n. 3, p. 242–262, 2022.

SOUZA, F. N. S.; OLIVEIRA, C. G.; MARTINS, E. S.; ALVES, J. M. **Efeitos condicionador e nutricional de um remineralizador de solos obtido de resíduos de mineração**. Revista Agri-Environmental Sciences, Palmas, v. 3, n. 1, 28 jun. 2017.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

VALENTINI, L., FERREIRA, J. M., ANDRADE, W., OLIVEIRA, L., & SHYMOIA, A. **Avaliação de pó de rocha como fertilizante alternativo em pastagem na Região Noroeste**. Informação tecnológica online, 96. 2016.

VELOSO, C. **Conheça os usos do pó de rocha na agricultura**. (2021). Blog Verde. Disponível em: <<https://blog.verde.ag/nutricao-de-plantas/conheca-os-usos-do-po-de-rocha-na-agricultura/>>. Acesso em: 28/12/2022.