



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS DE CURITIBANOS
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
CURSO DE AGRONOMIA

Fernando Jair Lompa

Produtividade de feijão com remineralizador de basalto em Cambissolo Húmico

Curitibanos-SC

2024

Fernando Jair Lompa

Produtividade de feijão com remineralizador de basalto em Cambissolo Húmico

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Agronomia do Centro de Ciências Rurais do Campus de Curitibanos da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Antônio Lunardi Neto, Dr.

Curitibanos-SC

2024

Ficha catalográfica para trabalhos acadêmicos

Lompa, Fernando Jair

Produtividade de feijão com remineralizador de basalto em cambissolo húmico / Fernando Jair Lompa ; orientador, Antônio Lunardi Neto, 2024.

40 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos, Graduação em Agronomia, Curitibanos, 2024.

Inclui referências.

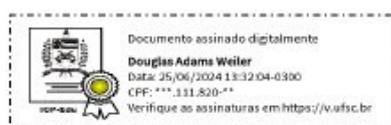
1. Agronomia. 2. Feijão. 3. Rochagem. 4. Remineralizador. 5. Pó de basalto. I. Neto, Antônio Lunardi . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Agronomia. III. Título.

Fernando Jair Lompa

Título: Produtividade de feijão com remineralizador de basalto em cambissolo húmico

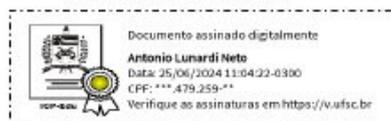
Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro (a) Agrônomo(a) e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Agronomia.

Curitiba, 6 de junho de 2024.

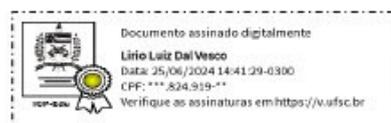


Prof. Douglas Adams Weiler, Dr.
Coordenação do Curso

Banca examinadora



Prof. Antônio Lunardi Neto, Dr.
Orientador



Prof. Lírio Luiz Dal Vesco, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Cleber José Basetti, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Curitiba, 2024.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero agradecer a Deus pelo dom da vida que me concedeu e por sempre iluminar meus passos, possibilitando que eu visse que sou capaz.

Agradeço aos meus pais Milton Lompa e Lourdes Marli Bamberg Lompa que sempre me apoiaram e me incentivaram, dando-me muita força para não desistir dos meus sonhos. Amo vocês eternamente.

Aos meus amigos do Rio Grande do Sul que sempre estiveram comigo, apoiando-me em tudo, especialmente o João Lauer, Bruno Alves de Lima, Luan da Silva e Pablo Andre Miudo.

Aos meus queridos amigos que fiz ao longo desses anos na faculdade, em especial a Julia dos Santos Ganen, que esteve comigo desde o primeiro semestre, apoiando-me principalmente em momentos difíceis da minha vida, admiro muito por ter uma amiga incrível e maravilhosa que considero minha irmã. Ao meu amigo Yago Guedes, com quem dividi apartamento e desfrutei momentos incríveis, e que sempre me auxiliou em tudo, sendo importante para essa caminhada. Ao meu amigo Olavio Rosa Neto, que é um amigo em quem sempre pude contar para tudo e que nunca negou esforços para me ajudar e dar conselhos. À minha amiga Anna Beatriz Reis, que sempre me apoiou em tudo, é uma mulher maravilhosa que admiro muito por ser minha amiga. Ao meu amigo João Victor Alberton, com quem tive momentos incríveis, desde festas, churrascos e conselhos. À minha amiga Natália Beilneir Estevão, que esteve desde o primeiro semestre e me auxiliou em tudo, desfrutando de momentos maravilhosos.

Aos meus amigos Bruna Elaine Vicente, Sabrina Isabel Pires, João Guilherme Demeneck, João Alberto Lemos da Silva, Lucas Maçaneiro Ricardo, Gustavo Iwasaki, Joares Dias de Paula Junior e Leonardo Moreira, a todos agradeço por me incentivarem ao longo desse tempo, pela parceria, amizade, compreensão e todo o incentivo que me foi passado.

Agradeço também aos meus colegas e amigos do grupo de pesquisa que me auxiliaram no projeto, especialmente ao Lucas Maçaneiro Ricardo, Gustavo Iwasaki, Arthur Quadrado, Pedro Henrique Klein e David Alex.

Ao meu orientador Antônio Lunardi Neto, que sempre me auxiliou da melhor forma possível, estando presente para sanar dúvidas que surgiam, além de sempre me direcionar para o melhor caminho com conselhos que hoje levo para minha vida. Você é um pai para mim, no qual a faculdade me proporcionou conhecer, meu muito obrigado pelos conselhos e ensinamentos que me passou, sou grato a você por quem eu sou.

Agradeço aos membros da banca Lírío Luiz Dal Vesco, Cleber José Bosetti e Joni Stolberg por aceitarem e contribuírem com esse trabalho por meio de seus conhecimentos.

A todos, muito obrigado!

RESUMO

A cultura de feijão representa grande importância econômica para o Estado de Santa Catarina. Para obter boa produtividade são fundamentais condições de manejo de solo adequadas, tendo na calagem e fertilização aspectos importantes a serem considerados. A maior parte dos fertilizantes comercializados no Brasil são importados, representando parte considerável nos custos das produções de grãos. Alternativamente, o uso de rochagem em solos como fonte de nutrientes às plantas vem crescendo no país. O basalto é rocha abundante em Santa Catarina, e no Estado já existe mineradora registrada para comercialização. No entanto, há poucas pesquisas atualmente com relação aos efeitos do emprego de tais insumos na produção agrícola. Nesse sentido, este trabalho tem por objetivo contribuir para com as pesquisas direcionadas ao uso de remineralizador de basalto na cultura do feijoeiro. Foram analisadas amostras superficiais de um Cambissolo Húmico Alumínico típico submetido a tratamentos com calagem, cama de aviário, fertilizantes minerais (uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio) e doses diferentes de remineralizador de basalto (0; 2,5 ;5,0; 10,0 e 20,0 ton ha⁻¹), associado ou não com fertilizantes minerais. O experimento foi conduzido em estufa. Cultivou-se feijão carioca em duas safras. Na entressafra cultivou-se aveia branca (dados não mostrados). Utilizou-se o Delineamento Inteiramente Casualizado. Os dados relativos às análises estatísticas para a produtividade do feijão indicaram que não houve diferenças significativas entre os tratamentos com fertilizantes minerais solúveis e aqueles com remineralizadores associados ou não com fertilizantes minerais, na primeira safra. Na segunda safra, no ano de 2024, não houve diferença entre os tratamentos, com exceção do tratamento que não recebeu aporte de fertilizantes minerais e recebeu a maior dose de remineralizador (20 ton ha⁻¹), o qual diferiu dos demais, apresentando a menor produtividade. Tal resultado nesse tratamento deve ser observado com cautela, pois a cultura desenvolveu-se em vasos com 20 cm de diâmetro, onde o solo sofreu alteração da estrutura natural e a elevada dose de remineralizador (que apresenta diâmetro menor que 0,3 mm, isto é, partículas de silte, areia muito fina e areia fina) provavelmente determinou uma modificação na porosidade do solo, em relação aos demais tratamentos, que dificultou o desenvolvimento normal da planta. Basicamente, a produtividade das duas safras de feijão esteve associada aos efeitos da calagem.

Palavras-chave: Feijoeiro, fertilizante, Pó de rocha;

ABSTRACT

Bean cultivation is of great economic importance to the state of Santa Catarina. To obtain good productivity, adequate soil management conditions are essential, with liming and fertilization being important aspects to be considered. Most fertilizers sold in Brazil are imported, representing a considerable part of the costs of grain production. Alternatively, the use of rock in soils as a source of nutrients for plants has been growing in the country. Basalt is an abundant rock in Santa Catarina, and there is already a registered mining company in the state for commercialization. However, there is currently little research regarding the effects of using such inputs in agricultural production. In this sense, this work aims to contribute to research directed at the use of basalt remineralizer in bean cultivation. Surface samples of a typical Cambisol Humic Aluminic subjected to treatments with liming, poultry litter, mineral fertilizers (urea, triple superphosphate and potassium chloride) and different doses of basalt remineralizer (0; 2.5; 5.0; 10.0 and 20.0 tons ha⁻¹), associated or not with mineral fertilizers, were analyzed. The experiment was conducted in a greenhouse. Carioca beans were grown in two harvests. In the off-season, white oats were grown (data not shown). A completely randomized design was used. Data related to statistical analyses for bean productivity indicated that there were no significant differences between treatments with soluble mineral fertilizers and those with remineralizers associated or not with mineral fertilizers, in the first harvest. In the second harvest, in 2024, there was no difference between the treatments, except for the treatment that did not receive mineral fertilizers and received the highest dose of remineralizer (20 tons ha⁻¹), which differed from the others, presenting the lowest productivity. This result in this treatment should be observed with caution, since the crop developed in pots with a diameter of 20 cm, where the soil underwent changes in its natural structure and the high dose of remineralizer (which has a diameter smaller than 0.3 mm, i.e., silt particles, very fine sand and fine sand) probably determined a change in the porosity of the soil, in relation to the other treatments, which hindered the normal development of the plant. Basically, the productivity of the two bean harvests was associated with the effects of liming.

Keywords: Bean plant, fertilizer, Rock dust.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Localização do município de Curitibanos, SC no Brasil e no Estado de Santa Catarina.....	26
Figura 2 - Remineralizador de basalto: (A) Produto obtido após passado pela peneira de 0,3 mm de diâmetro; ((B) Peneira de malha 0,3 mm de diâmetro utilizada na classificação.	28
Figura 3 - Semeadura e aplicação de fertilizante nitrogenado. Semeadura do feijão cultivar carioca (A e B); Aplicação nitrogenada aos 25 dias após a germinação (C e D).....	31
Figura 4 - Fase final da cultura do feijão e processo final de coletas. Fase de maturação e colheita dos grãos (A, B e C); Processo de secagem dos grãos na estufa (D).....	32
Figura 5 - Croqui da aleatorização dos tratamentos no feijoeiro. Ano de 2023 (A); Ano de 2024 (B).....	33
Figura 6 - Médias para o peso de grãos, em gramas, para os tratamentos avaliados durante o experimento na primeira safra em 2023.	35
Figura 7 - Médias para o peso de grãos, em gramas, para os tratamentos avaliados durante o experimento nas duas safras 2024.	36

LISTA DE TABELAS

Tabela1 - Dados analíticos da camada superficial do Cambissolo Húmico Alumínico típico utilizado no experimento.	27
Tabela 2 - Dados da composição química do remineralizador de basalto utilizado no experimento (em % de massa).....	28
Tabela 3 - Descrição dos tratamentos utilizados no primeiro ano do experimento com feijoeiro.	29
Tabela 4 - Descrição dos tratamentos utilizados no segundo ano do experimento com feijoeiro.	30
Tabela 5 - Resultado da colheita do ano 2023 no experimento da cultura do feijão.....	35
Tabela 6 - Resultado da colheita do ano 2024 no experimento da cultura do feijão.	36

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	OBJETIVOS	17
1.1.1	Objetivo Geral.....	17
1.1.2	Objetivos Específicos.....	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	BREVE HISTÓRICO SOBRE REMINERALIZADORES (PÓ DE ROCHA).....	18
2.2	LEGISLAÇÃO BRASILEIRA SOBRE REMINERALIZADORES (PÓ DE ROCHA) 19	
2.3	ROCHAGEM OU REMINERALIZAÇÃO DOS SOLOS.....	20
2.4	MERCADO MUNDIAL E NACIONAL DO FEIJÃO	21
2.5	PRODUÇÃO EM SANTA CATARINA E NO MUNICÍPIO DE CURITIBANOS 22	
2.6	PESQUISAS COM PÓ DE BASALTO NA PRODUÇÃO DE FEIJÃO.....	23
3	METODOLOGIA.....	26
3.1	ÁREA DE ESTUDO	26
3.2	INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	26
3.3	COLETAS DE DADOS	32
3.4	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ESTATÍSTICA	33
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
5	CONCLUSÃO.....	38
	REFERÊNCIAS.....	39

1 INTRODUÇÃO

A cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*) representa um pilar fundamental na agricultura brasileira, não apenas por sua significativa importância socioeconômica, mas também por seu papel essencial na dieta alimentar do país (Barili *et al.*, 2015). O Brasil destaca-se como um dos principais produtores e consumidores de grãos de feijão, contribuindo tanto para a produção interna quanto para o comércio global desses grãos (Kume, 2018).

No cenário da agricultura contemporânea, a busca por práticas agrícolas sustentáveis e eficazes tornou-se importante, devido às altas doses de fertilizantes minerais para suprir a deficiência do solo e, conseqüentemente, afetando o meio ambiente (De Carvalho, 2013). Nesse contexto, o pó de basalto destaca-se como uma alternativa favorável em relação às fontes solúveis na busca por opções que possam reduzir os gastos na produção agrícola, ao mesmo tempo em que diminui a necessidade por insumos industriais (Plewka *et al.*, 2009).

Sendo assim, o pó de basalto é importante para a agricultura, por possuir granulação fina e apresentar minerais silicatados (piroxênios e plagioclásios cálcios), os quais liberam nutrientes quando intemperizados, como cátions (Fe, Ca, e Mg,) e outros. O pó de basalto pode ter seu intemperismo aumentado quando combinado com resíduos provenientes de fontes animais (Da Silva *et al.*, 2012). Esses resíduos de animais no solo fazem com que a atividade microbiana seja ampliada, facilitando a absorção de nutrientes pelas plantas e aprimorando as características do solo. Entre os resíduos orgânicos com alto potencial de aplicação em conjunto com o pó de basalto, destaca-se a cama de aviário (Ribeiro *et al.*, 2023).

A prática da rochagem já é conhecida no Brasil e vem crescendo por diversos fatores, dentre os quais destaca-se por ser um elemento de baixo custo para os produtores familiares (De Pádua, 2012). O uso do pó de basalto na agricultura não se limita apenas aos aspectos práticos, pois também está sujeito à regulamentação oficial, através da Instrução Normativa (IN) nº 5, de 10 de março de 2016, onde o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) estabelece normas para a comercialização dos produtos cominuídos de rochas, conhecidos como remineralizadores, enquanto uma categoria de insumos destinados à agricultura (Brasil, 2016).

Considerando a alta utilização e dependência dos fertilizantes minerais nos sistemas produtivos, o PRB (Pó de Rocha de Basalto) pode ser utilizado como uma alternativa viável ao uso dos fertilizantes minerais. No entanto, sua utilização ainda é limitada e restrita sendo importante a continuação de estudos científicos para constatar de forma mais aprofundada as implicações da rochagem na interação direta com a microbiota, e na produtividade efetiva das

plantas, contribuindo para uma compreensão mais abrangente de seus efeitos (Kerkhoff *et al.*, 2018), especialmente a longo prazo.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar os efeitos da utilização do pó de basalto para a produtividade do feijoeiro.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Comparar a utilização do pó de basalto em relação aos fertilizantes minerais na produtividade do feijão.
- Avaliar o comportamento das diferentes doses de pó de basalto combinadas ou não com fertilizantes minerais na produtividade do feijão

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 BREVE HISTÓRICO SOBRE REMINERALIZADORES (PÓ DE ROCHA)

A técnica de rochagem (aplicação de pó de rocha nos solos) ganhou destaque no Brasil a partir da década de 1950 (De Brito *et al.*, 2019), quando pesquisadores como Josué Guimarães e Vladimir Ilchenko, no estado de Minas Gerais, começaram a explorar e promover essa abordagem sustentável para a agricultura. Em consequência disso, na década de 1990 houve um aumento no interesse e na pesquisa relacionada à rochagem e seus efeitos na agricultura brasileira (Lins *et al.*, 2010).

Pesquisas sobre o assunto continuaram concedendo destaque ao professor e pesquisador da Universidade de Brasília (UnB), Othon Henry Leonardos, que atribuiu contribuições significativas para o estudo e promoção da técnica de rochagem. Foram incorporados aspectos geoquímicos e agronômicos, mostrando um enfoque holístico e abrangente para compreender melhor os impactos dessa técnica através de experimentos na agricultura e nas comunidades rurais, tornando-se assim uma figura importante no campo da agricultura sustentável e na melhoria da qualidade do solo no Brasil (Lins *et al.*, 2010).

A parceria entre Embrapa Cerrados e a Universidade de Brasília representou um marco importante na pesquisa sobre a rochagem, como fonte alternativa de potássio (K) na agricultura (De Pádua, 2012). Em 2003 houve a criação da Rede AgriRocha, uma iniciativa que envolveu pesquisadores, governantes e EMBRAPA abrangendo estudos sobre como a rochagem pode desempenhar um papel significativo nos sistemas agropecuários, oferecendo fonte nutritiva para o crescimento de várias culturas (De Pádua, 2012).

De Brito *et al.*, (2019) relataram que a carência de nutrientes como fósforo (P) e Potássio nos solos brasileiros é um desafio significativo para a agricultura do país. Com o intuito de discutir e compartilhar conhecimentos sobre o uso de rochas na agricultura, em 2009 foi realizado o I Congresso Brasileiro de Rochagem, um evento de grande importância que reuniu pesquisadores, especialistas e profissionais da área, sendo apresentados mais de sessenta trabalhos científicos de diversas áreas de interesse.

Devido aos resultados positivos e à relevância dos trabalhos apresentados nesse congresso, houve o II congresso Brasileiro de rochagem em 2013, contando com a participação de mais de vinte universidades e empresas privadas e públicas (De Brito *et al.*, 2019). Nesse evento, houve foco específico na regulamentação da comercialização dos remineralizadores e condicionamento de solos na lei dos fertilizantes (LEI Nº 12.890, DE 10 DE DEZEMBRO DE

2013) e a normatização específica (MAPA IN 05 e 06/2016) (Bergmann *et al.*, 2017). Essa abordagem buscava incentivar empresas envolvidas no comércio de rochas moídas a promover a utilização desses produtos como parte das práticas agrícolas no Brasil (Theodoro *et al.*, 2013; De Brito *et al.*, 2019). Atualmente já aconteceram quatro Congressos Brasileiros de Rochagem.

2.2 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA SOBRE REMINERALIZADORES (PÓ DE ROCHA)

Em 10 de dezembro de 2013, entrou em vigor a Lei nº 12.890, que trouxe modificações significativas à Lei dos Fertilizantes (Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980). Uma das mudanças fundamentais introduzidas por esta nova legislação foi a inclusão da categoria de "remineralizadores", reconhecidos como insumo agrícola (Martinazzo *et al.*, 2022).

Nesse contexto, os remineralizadores são materiais de origem rochosa que passaram por processos exclusivamente mecânicos de redução de tamanho (Silva, 2019). Os remineralizadores desempenham papel crucial na agricultura, pois não apenas liberam macronutrientes e micronutrientes essenciais para o crescimento das plantas, mas também melhoram as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Reis, 2020). Essa adição à lei reconhece a importância desses materiais na agricultura moderna e regulamenta seu uso como um insumo valioso para otimizar a produtividade agrícola e a "saúde" do solo no Brasil (Brasil, 2013).

Posteriormente, em 29 de dezembro de 2014, o Decreto nº 8.384 foi aprovado, estabelecendo assim a regulamentação para o registro, produção, fiscalização e comercialização de remineralizadores, bem como de outros produtos, incluindo substratos destinados à agricultura (Brasil, 2013).

Em 10 de março de 2016, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) emitiu as Instruções Normativas (IN) nº 05 e 06. Essas instruções detalharam as especificações e critérios para os remineralizadores, incluindo aspectos como a capacidade de retenção de água (CRA), capacidade de troca de cátions (CTC), condutividade elétrica, soma de bases e o potencial hidrogeniônico (pH) que esses produtos devem atender (Brasil, 2016).

A Instrução Normativa nº 5, de 10 de março de 2016, estabelece critérios rigorosos para os remineralizadores comerciais. Por exemplo, a soma de bases, relativa às quantidades de CaO, MgO e K₂O, deve ser igual ou superior a 9% em peso e, adicionalmente, o teor de K₂O deve ser igual ou superior a 1%. Quando os remineralizadores naturalmente contêm macronutrientes, como o P e micronutrientes, só podem declarar esses nutrientes se seus níveis forem superiores aos valores indicados no Anexo II da Instrução Normativa. Os valores de

referência incluem 1% para P (P_2O_5) 0,03 para Boro (B), 0,1 para Cloro (Cl), 0,005 para Cobalto (Co), 0,05 para Cobre (Cu), 0,1 para Ferro (Fe), 0,1 para Manganês (Mn), 0,005 para Molibdênio (Mo), 0,005 para Níquel (Ni), 0,03 para Selênio (Se), 0,05 para Silício (Si) e 0,1 para Zinco (Zn) (Brasil, 2016).

Com relação à tolerância à toxicidade dos remineralizadores, é primordial destacar que o MAPA não concederá registro àqueles que excederem determinados limites (Brasil, 2016). Isso implica teores superiores a 25% em volume para SiO_2 não combinado (quartzo) e também teores excedentes para os respectivos elementos que potencialmente apresentem riscos nocivos no produto. Além disso, a presença de concentrações superiores a 15 partes por milhão (ppm) para Arsênio (As), 10 para Cádmiio (Cd), 0,1 para Mercúrio (Hg) e 200 para o Chumbo (Pb) será rigorosamente proibida, impossibilitando, desse modo, qualquer produção, comercialização ou importação desses remineralizadores em território nacional (Brasil, 2016).

2.3 ROCHAGEM OU REMINERALIZAÇÃO DOS SOLOS

O Estado de Santa Catarina apresenta uma área com mais de 50% recoberta por rochas de magmatismo fissural intracontinental, e incluem várias formações geológicas. Essas rochas formam uma sequência vulcânica de composições básicas até aquelas com alto teor de sílica e baixos teores de ferro e magnésio. Essas composições básicas são caracterizadas por teores de SiO_2 entre 45 e 52%, tendo no basalto seu principal representante. Essa rocha ocupa uma grande parte do planalto catarinense (Potter *et al.*, 2004).

A maior parte dos elementos essenciais às plantas é encontrada na litosfera, fazendo parte da constituição dos minerais das rochas. Para que esses elementos químicos se tornem disponíveis às plantas, as rochas passam por um processo natural de intemperismo químico, que ocorre de forma muito lenta na natureza (Melo *et al.*, 2012).

Os solos brasileiros apresentam em geral elevada acidez, com empobrecimento químico de nutrientes devido à ação do intemperismo, especialmente em fósforo (P) e potássio (K). Para bom resultado na produtividade das culturas a campo é imprescindível efetuar a correção e fertilização desses solos. Grande parte dos fertilizantes minerais é importada, já que a produção nacional desses produtos é insuficiente para a adubação de seus solos (Oliveira, 2023).

Perante a necessidade dos produtores, a técnica da rochagem, que consiste na aplicação de remineralizadores ou pó de rocha no solo, tem despertado interesse entre pesquisadores em

tudo o mundo como uma alternativa às fontes convencionais de nutrientes. Essa prática pode ser utilizada como um complemento às técnicas tradicionais de adubação (De Pádua, 2012).

Quando aplicado no solo, o pó de basalto pode resultar em aumento nos níveis de disponibilidade de fósforo, potássio, cálcio e magnésio em aproximadamente dez, quinze e vinte vezes mais do que solos sem a aplicação de pó de basalto (Conceição *et al.*, 2022). Para reduzir o tamanho das rochas, é realizado um processo conhecido como cominuição, que envolve o processo da divisão do material rochoso em diversas etapas de britagem e moagem. Durante o processo de britagem, os blocos de rochas são quebrados em fragmentos menores para facilitar os processos seguintes de moagem e classificação de granulometria desejada, como: farelo, pó e *filler*, sendo o *filler* a que apresenta a menor granulometria (CQFS, 2016).

Esse processo de cominuição facilita o intemperismo químico, de vez que há aumento significativo da superfície de contato das partículas com a água, resultando em aumento na disponibilização de nutrientes de forma mais rápida em comparação com partículas de maiores tamanhos, as quais demorarão tanto mais para intemperizar quanto maior for o tamanho.

Entre as vantagens da utilização do pó de rocha, destacam-se: a liberação de nutrientes essenciais na nutrição de plantas cultivadas (processo lento), que em consequência disso aumenta sua fertilidade natural ao longo do tempo (remineralização do solo); aumento da atividade de microrganismos; aumento da capacidade de troca catiônica; aumento da quantidade e da qualidade de húmus; aumento do pH; diminuição das perdas por lixiviação, contribuindo para uma ação mais prolongada do insumo aplicado, que contribuirá na redução de custos na produção agrícola por utilizar produtos alternativos ou servir como suplementação aos fertilizantes industriais (Cara, 2012).

2.4 MERCADO MUNDIAL E NACIONAL DO FEIJÃO

De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação FAO (2021), o Brasil é um dos principais exportadores e importadores de grãos, ocupando o 3º lugar no *ranking* de maiores produtores mundiais de feijão. Durante o ano de 2021 foram produzidos 2,90 milhões de toneladas de feijão no país (EPAGRI, 2022).

O feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) é indiscutivelmente um dos alimentos mais valorizados e apreciados nos mercados nacionais e internacionais. Devido a sua qualidade é um dos componentes básicos na dieta dos brasileiros, sendo reconhecido como a principal fonte de proteína vegetal na alimentação do país (Da Silva, 2013). No Brasil, a produção de feijão é conduzida por meio de safras, sendo os principais cultivados o Carioca, o Preto e o feijão de

Corda (ou feijão Caupi). O destaque na produção recai sobre o feijão Carioca, responsável por 63% da produção total, seguido pelo feijão Caupi (19%) e o feijão Preto (18%) (Kume, 2018; Silveira, 2022).

O feijão Carioca é notável por sua distribuição uniforme entre as três safras, refletindo uma contribuição equitativa ao longo do ano. No entanto, a produção de feijão Preto tem uma concentração significativa na primeira safra, conhecida como "safra das águas", representando 67% do total. A segunda safra (safra de inverno ou safrinha) contribui com 24%, enquanto a terceira safra tem uma participação mais modesta de 9% da produção total (Kume, 2018).

A preferência por um tipo de feijão no Brasil apresenta tonalidades regionais. O feijão Preto é mais consumido no Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro, enquanto o feijão Carioca é preferido na região Centro-oeste, São Paulo, Paraná e Santa Catarina. Por sua vez, o Feijão Caupi é predominante nas regiões Norte e Nordeste (IPEA, 2018; Kume, 2018). Essa distinção regional na preferência pelo tipo de feijão reflete a diversidade culinária e cultural do país, onde diferentes regiões valorizam diferentes variedades desse alimento fundamental em suas dietas (Kume, 2018).

2.5 PRODUÇÃO EM SANTA CATARINA E NO MUNICÍPIO DE CURITIBANOS

Em Santa Catarina, a produção de feijão segue um ciclo de duas safras distintas (EPAGRI, 2022). A primeira safra é denominada "safra das águas", sendo responsável por grande parte da produção no estado com 53% do total. Por outro lado, a segunda safra, denominada "safra da seca", contribui com os 47% restantes da produção total no estado (EPAGRI, 2022).

Quanto à composição das variedades de feijão cultivadas em Santa Catarina, o feijão Preto domina a maior parte da área plantada com 62%, enquanto o feijão Carioca representa 37% (EPAGRI, 2022). De acordo com o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) (Steinmetz, 2017), as datas de plantio sugeridas variam conforme a safra. Para o feijão de primeira safra, o período de plantio vai de agosto a dezembro, enquanto para o feijão de segunda safra, o período recomendado para o plantio abrange os meses de janeiro a março (EPAGRI, 2022).

Esses detalhes destacam a organização da produção de feijão em Santa Catarina, incluindo a distribuição da produção por safras e as recomendações de plantio de acordo com o ZARC. Em 2023, Santa Catarina cultivou 28.026 ha na primeira safra, obtendo um total de

49.995 ton, com um rendimento médio de 1.783 kg ha⁻¹. Já na segunda safra, a área plantada aumentou para 35.545 ha, chegando a 65.926 ton colhidas e rendimento médio de 1.854 kg ha⁻¹ (EPAGRI, 2024).

No município de Curitiba, a safra inicial foi de 200 ha, atingindo 5.888 ton de feijão e um rendimento de 2.940 kg ha⁻¹. Já na segunda safra, a área plantada cresceu para 400 ha, gerando 7.290 ton colhidas e um rendimento de 1.980 kg ha⁻¹. Essas informações destacam a significativa participação de Curitiba na atividade agrícola de Santa Catarina (EPAGRI, 2024).

2.6 PESQUISAS COM PÓ DE BASALTO NA PRODUÇÃO DE FEIJÃO

A cultura do feijão apresenta características que a tornam desafiadora em termos de nutrição devido ao ciclo curto e ao sistema radicular superficial, que prioriza a absorção de nutrientes próximos à raiz (Abranches, 2018). Para abordar essa demanda nutricional, o uso de pó de basalto surge como uma alternativa promissora de disponibilidade de nutrientes e redução de custos na produção. Embora a pesquisa nesse campo seja limitada, estudos realizados até o momento têm proporcionado benefícios significativos do pó de basalto (Hanisch *et al.*, 2024).

Ferreira *et al.*, (2023) compararam o pó de basalto com fertilizantes minerais à base de nitrogênio, P e K (NPK) no cultivo de feijão preto e observaram que a aplicação de 40 t ha⁻¹ de pó de rocha superou o NPK em vários aspectos, como altura, número de folhas e peso da parte aérea. Além disso, doses mais elevadas de pó de basalto, variando de 80 a 200 t ha⁻¹, resultaram em maior produção de grãos. Esses resultados indicam o potencial do pó de basalto em melhorar o desempenho da cultura.

Os autores Santos *et al.*, (2015) realizaram um estudo em que o pó de rocha, combinado com esterco bovino, obteve efeitos positivos sobre os componentes da produtividade do feijoeiro, alcançando produção de 1.204 t ha⁻¹. Esses efeitos sinalizaram a possibilidade de combinar o pó de basalto com outras fontes orgânicas de nutrientes para aperfeiçoar o crescimento das plantas.

Entretanto os autores Kerkhoff *et al.* (2018) analisaram a produtividade de grãos de feijão com diferentes doses de pó de basalto e constataram que doses acima de 60 t ha⁻¹ resultaram em maior produtividade do feijão preto em comparação com a fertilização mineral em solos de alta fertilidade.

O estudo conduzido por Silva *et al.*, (2020) investigou os efeitos de diferentes doses de pó de basalto (PB) na produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) e grãos de feijão preto em Latossolo Vermelho. Os resultados demonstraram uma tendência crescente na produção de MSPA e grãos de feijão em relação às doses de PB, indicando que maiores doses promoveram maior produção. Notavelmente, doses acima de 80 t ha⁻¹ foram associadas à maior produção de grãos de feijão preto nesse tipo de solo.

Outros estudos, como o de Souza *et al.*, (2017), destacam que o basalto, rico em silicatos, pode influenciar significativamente os atributos químicos do solo e a produtividade das culturas. Mudanças positivas foram observadas na altura, peso médio, número de colmos e entrenós das plantas de cana-de-açúcar após a aplicação direta de basalto no solo, conforme evidenciado por Corrêa (2022).

Entretanto, nem todos os estudos mostram resultados tão conclusivos: Brandão (2012) não encontrou diferenças significativas na produtividade da abobrinha italiana quando utilizou vermicomposto com ou sem pó de basalto. A eficácia do uso combinado de materiais como vermicomposto e pó de basalto também foi questionada em trabalhos como os de Brandão *et al.*, (2014) e Lopes *et al.*, (2013) que exploraram alternativas para a solubilização do basalto.

Em relação à cultura da soja, Júnior *et al.*, (2020) e Júnior *et al.*, (2022) não encontraram diferenças significativas na variável tecnológica número de galhos por planta ao utilizarem remineralizador de solo. No entanto, resultados divergentes foram observados por Silva *et al.*, (2020), que encontraram diferenças significativas na produção de vagens por planta com o uso de diferentes doses de remineralizador de basalto em condições de campo.

Migliavaca *et al.*, (2022), em pesquisa avaliando diferentes remineralizadores na cultura do feijão, concluíram que somente a adubação com remineralizadores associada a plantas de cobertura não proporcionaram resultados competitivos aos cultivos com fertilizantes minerais.

É importante destacar-se que, devido à escassez de estudos abordando a técnica de rochagem, existe uma necessidade evidente de mais pesquisas e avaliações em longo prazo para se confirmar a eficiência do pó de basalto na cultura do feijão. Maior número de estudos voltados para a temática aqui apresentada pode contribuir significativamente para a compreensão de como essa alternativa de fertilização pode ser aproveitada na cultura de feijão.

A maior parte dos dados da literatura a respeito de pó de basalto como remineralizador raramente ultrapassa uma safra, o que dificulta a visualização de resultados efetivos visto que o remineralizador é considerado um produto de liberação lenta de nutrientes no sistema (Silva *et al.*, 2012; Hilário, 2022).

Esses estudos evidenciam a complexidade da interação entre remineralizadores de solos, culturas agrícolas e condições específicas do solo, ressaltando a importância de avaliações cuidadosas e ajustes nos protocolos de aplicação para otimizar os resultados agronômicos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Centro de Ciências Rurais, da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Curitibanos, situada nas coordenadas geográficas 27°17'05" 50°32'05", a uma altitude de 1.096 metros acima do nível do mar (Figura 1). A região possui um clima de acordo com Köppen (Alvares *et al.*, 2013) como Cfb, caracterizado como subtropical úmido, com verões amenos. A média anual de precipitação na região é de aproximadamente 1.480 milímetros, com uma temperatura média máxima de 22,0°C e uma temperatura média mínima de 12,4°C (Wrege *et al.*, 2012).

Figura 1- Localização do município de Curitibanos, SC no Brasil e no Estado de Santa Catarina.



Fonte: Wikipedia. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Curitibanos>

3.2 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Para a realização inicial do experimento, foram coletadas amostras da camada superficial (0-20 cm) de um Cambissolo Húmico Alumínico típico não cultivado, na área da Universidade (UFSC - Curitibanos), com o intuito de se utilizar o solo como substrato. Uma amostra foi submetida a análises químicas e físicas em laboratório regional antes do início do experimento. Com base nos resultados das análises, as quantidades adequadas de calcário e de fertilizantes minerais foram determinadas, de acordo com as diretrizes estabelecidas no Manual de Calagem e Adubação para os estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul (CQFS, 2016). No caso dos fertilizantes à base de N, P₂O₅ e K₂O, as doses foram estabelecidas para

uma produtividade de 3000 kg ha⁻¹. Efetuou-se adubação de correção mais manutenção nas safras de verão e de inverno, e somente de manutenção na segunda safra de feijão.

Os resultados analíticos referentes à camada superficial do solo estão apresentados na (Tabela 1).

Tabela1 - Dados analíticos da camada superficial do Cambissolo Húmico Alumínico típico utilizado no experimento.

pH água	pH SMP	Ca	Mg	K	SB	Al	CTC ef.	H+Al	CTC pH 7	V	m	MO	Arg.	P
		cmol _c dm ³								%			mg dm ³	
4,9	4,4	0,2	0,18	0,02	0,42	4,9	5,35	27,4	27,8	1,5	92	6,4	62	3,6

Fonte: Arquivo pessoal do autor professor Antônio L. Neto (2024).

Os dados da Tabela 1 demonstram alto teor de matéria orgânica no solo, baixos teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), K e P, baixa soma de bases (SB), baixa saturação por bases (V), alto teor de alumínio trocável (Al⁺³) e alta saturação por alumínio (m). Com 62% de argila, este solo indica uma predominância considerável desse componente, caracterizando-o como muito argiloso.

O remineralizador de basalto comercial utilizado no trabalho foi obtido através de mineradora localizada no município de Curitibaanos – SC. O material apresentava partículas menores de 4 mm de diâmetro (Figura 2A). Os dados químicos (Tabela 2) confirmam sua classificação como remineralizador pelas normas do MAPA. A rocha apresentou os requisitos mínimos para os teores de K₂O, MgO e CaO, sem indicar teores acima dos permitidos para o arsênio, mercúrio, chumbo e cádmio, e também não apresentou quartzo na mineralogia. Anteriormente ao uso o remineralizador passou por processo de peneiramento, utilizando-se peneira de 0,3 mm de diâmetro (Figura 2B), obtendo-se o produto classificado como “filler”, o mais fino comercialmente.

Figura 2 - Remineralizador de basalto: (A) Produto obtido após passado pela peneira de 0,3 mm de diâmetro; ((B) Peneira de malha 0,3 mm de diâmetro utilizada na classificação.



Fonte: Folha Regional (A), Loja Synth (B).

Tabela 2 - Dados da composição química do remineralizador de basalto utilizado no experimento (em % de massa).

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO
52,20	13,86	14,10	0,85	2,63	3,44	8,16

Fonte: Fornecido pela empresa mineradora na forma de laudo emitido por laboratório.

O substrato utilizado foi o solo, calcário (“filler”), cama de aves, pó de basalto e fertilizante mineral. Utilizou-se uma betoneira para a completa homogeneização dos tratamentos.

As amostras de solo foram preparadas com os tratamentos e transferidas para vasos plásticos de 0,22 m de altura x 0,20 m de diâmetro, com cinco repetições para cada tratamento. Em seguida foram dispostos aleatoriamente em bancada na casa de vegetação, com controle de temperatura e umidade do ar. O solo disposto nos vasos permaneceu por quatro meses na casa de vegetação, sem cultivo e irrigado semanalmente, com a finalidade de permitir uma ação microbiana mais eficaz sobre o pó de rocha, com a cama de aviário desempenhando um papel crucial ao aumentar a atividade microbiana no solo, pelo aumento da produção de ácidos orgânicos, pelos microrganismos, na tentativa de acelerar o processo de intemperismo químico do pó. Isso objetivou aumentar a disponibilidade de nutrientes, e melhorar a agregação e estrutura do solo com melhoria das propriedades coloidais (Miele, 1983).

Para o primeiro ano de experimento foram realizados os seguintes tratamentos: T1 = cama de aviário (3 ton ha⁻¹) + N; T2 = calcário + NPK + fertilização mineral (P₂O₅ e K₂O e N); T3 = calcário + pó de basalto (2,5 ton ha⁻¹) + cama de aviário (3 ton ha⁻¹) + fertilização mineral (P₂O₅ e K₂O e N); T4 = calcário + pó de basalto (5,0 ton ha⁻¹) + cama de aviário (3 ton ha⁻¹) +

(P₂O₅ e N); T5 = calcário + pó de basalto (10 ton ha⁻¹) + cama de aviário (3 ton ha⁻¹) + (P₂O₅ e N); T6 = calcário + pó de basalto (20 ton ha⁻¹) + cama de aviário (3 ton ha⁻¹) + N. As doses de N foram aplicadas na base e em cobertura aos 25 dias. As doses de P₂O₅ e K₂O foram aplicadas na semeadura.

Para verificar a produtividade do feijoeiro delimitaram-se os tratamentos descritos na Tabela 3.

Tabela 3 - Descrição dos tratamentos utilizados no primeiro ano do experimento com feijoeiro.

TRATAMENTOS	Remineralizador (ton ha ⁻¹)	Cama de aviário (ton ha ⁻¹)	Fertilização mineral	Calagem (ton ha ⁻¹)
T1	0	3	N	0
T2	0	3	P ₂ O ₅ e K ₂ O e N	21
T3	2,5	3	P ₂ O ₅ e K ₂ O e N	21
T4	5,0	3	P ₂ O ₅ e N	21
T5	10,0	3	P ₂ O ₅ e N	21
T6	20,0	3	N	21

Fonte: O Autor (2024).

Já no segundo ano de experimento todos os tratamentos foram mantidos, exceto o T1 (que recebeu cama de aviário e N), que foi substituído por calagem (que recebeu a denominação T1 na segunda safra, somente com calcário). Essa mudança visou a avaliar-se exclusivamente o efeito da calagem na produtividade, eliminando-se as influências dos outros tratamentos nos parâmetros a serem avaliados.

Para verificar a produtividade do feijoeiro, foram definidos os tratamentos descritos na Tabela 4.

Tabela 4 - Descrição dos tratamentos utilizados no segundo ano do experimento com feijoeiro.

TRATAMENTOS	Remineralizador (ton ha ⁻¹) ¹	Cama de aviário (ton ha ⁻¹) ¹	Fertilização mineral	Calagem (ton ha ⁻¹) ¹
T1	0	0	N	21
T2	0	3	P ₂ O ₅ e K ₂ O e N	21
T3	2,5	3	P ₂ O ₅ e K ₂ O e N	21
T4	5,0	3	P ₂ O ₅ e N	21
T5	10,0	3	P ₂ O ₅ e N	21
T6	20,0	3	N	21

Fonte: O Autor (2024).

Utilizou-se o feijão cultivar carioca, de obtenção própria, cultivado em sistema de produção em horta biodinâmica e a semeadura do primeiro ensaio foi realizada no dia 02 de outubro de 2022 (Figuras 3A) e no segundo ensaio foi no dia 28 de setembro de 2023 (Figura3B). Efetuou-se a fertilização mineral à base de cloreto de potássio (KCl) para suprir K e superfosfato triplo (SFT) para suprir P, e uréia como fonte de N.

Nos tratamentos que receberam o remineralizador foram acrescidas doses de fertilizantes minerais, exceto no tratamento que recebeu 20 ton ha⁻¹ de remineralizador, o qual recebeu calagem, cama de aviário e remineralizador e N. As doses dos fertilizantes minerais utilizadas no experimento foram determinadas com base nos teores de P₂O₅ e de K₂O presentes no remineralizador, acrescidas das doses recomendadas de N. Utilizou-se como referência para as doses de P₂O₅ e K₂O as quantidades desses elementos existentes no remineralizador como parâmetro para quantificarem-se as doses de superfosfato triplo e de cloreto de potássio. Considerou-se que os elementos químicos presentes no remineralizador seriam liberados totalmente na safra. Apesar do conhecimento de que esses nutrientes apresentam lenta solubilidade quando provenientes da rocha moída, foi esse o critério utilizado para diminuição das doses de fertilizantes e comparação com o tratamento com fertilizantes minerais, de vez que atualmente não há parâmetros dessa ordem a serem levados em consideração na recomendação do uso de remineralizadores.

A reposição dos nutrientes de SFT e o KCl foi calculada pela diferença da quantidade que havia na análise química desses nutrientes no remineralizador, e a quantidade necessária para a cultura. Todos os tratamentos de feijão receberam fertilização nitrogenada, que foi dividida em duas aplicações, uma na sementeira e outra aos 25 dias após a germinação (figura 3C e D).

Figura 3 - Semeadura e aplicação de fertilizante nitrogenado. Semeadura do feijão cultivar carioca (A e B); Aplicação nitrogenada aos 25 dias após a germinação (C e D).



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Ao longo do desenvolvimento da cultura, efetuou-se o controle de ervas daninhas e diversas aplicações de inseticidas foram feitas para controle da mosca branca no feijoeiro. Após a colheita houve um espaço de tempo sem cultivo, onde irrigou-se ocasionalmente o solo nos vasos, até o mês de maio, momento no qual semeou-se a aveia branca cultivar URS Corona (dados não mostrados).

No segundo ano do experimento, foram utilizados os mesmos vasos e tratamentos no cultivo do feijão utilizados no primeiro ano, excetuando-se o tratamento com solo sem calcário (porque não produziu feijão no primeiro ano) e com o acréscimo de um tratamento somente com calcário e N (para comparação da produtividade), que não havia sido efetuado no primeiro ano.

3.3 COLETAS DE DADOS

No primeiro ano, a colheita foi realizada no dia 20 de janeiro de 2023, e no segundo ano no dia 17 de janeiro de 2024. Os grãos coletados passaram por procedimentos de cuidados para garantir a qualidade fisiológica (Figura 5A, B e C). Após os processos de cuidados dos grãos, os mesmos foram submetidos à secagem, em estufa de ventilação forçada (Figura 5 D), à temperatura constante de 60°C/ 48 horas. Após a secagem, os grãos foram resfriados em dessecador e pesados em balança analítica para avaliação da produtividade de cada tratamento.

Figura 4 - Fase final da cultura do feijão e processo final de coletas. Fase de maturação e colheita dos grãos (A, B e C); Processo de secagem dos grãos na estufa (D).



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ESTATÍSTICA

O desenho experimental utilizado foi o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) para as duas safras. Esse método distribui aleatoriamente as unidades experimentais entre os tratamentos, garantindo que cada tratamento tenha igual probabilidade de ser aplicado. Isso minimiza interferências externas não controladas e facilita a avaliação precisa dos efeitos dos tratamentos sobre as variáveis estudadas.

Figura 5 - Croqui da aleatorização dos tratamentos no feijoeiro. Ano de 2023 (A); Ano de 2024 (B).

A) FEIJÃO						B) FEIJÃO					
T3	T1	T6	T5	T4	T2	T2	T4	T5	T6	T1	T3
T6	T2	T1	T2	T2	T5	T4	T3	T6	T1	T5	T1
T5	T6	T3	T6	T3	T4	T6	T2	T1	T2	T4	T5
T2	T4	T5	T4	T1	T3	T5	T6	T3	T6	T3	T2
T4	T3	T6	T1	T5	T1	T2	T4	T5	T4	T2	T3

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

As análises de variância foram realizadas com o *software* estatístico Minitab, através do teste de Tukey a 5% de significância, pois os dados apresentaram Distribuição Normal (Teste de Shapiro-Wilk) e as variâncias foram homogêneas (Teste de Bartlett).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas 5 e 6 demonstram os resultados das safras de 2023 e 2024, detalhando o número de grãos (Ng), peso de grãos (Pg) e produtividade média em sacas por hectare (sc/ha, média das repetições).

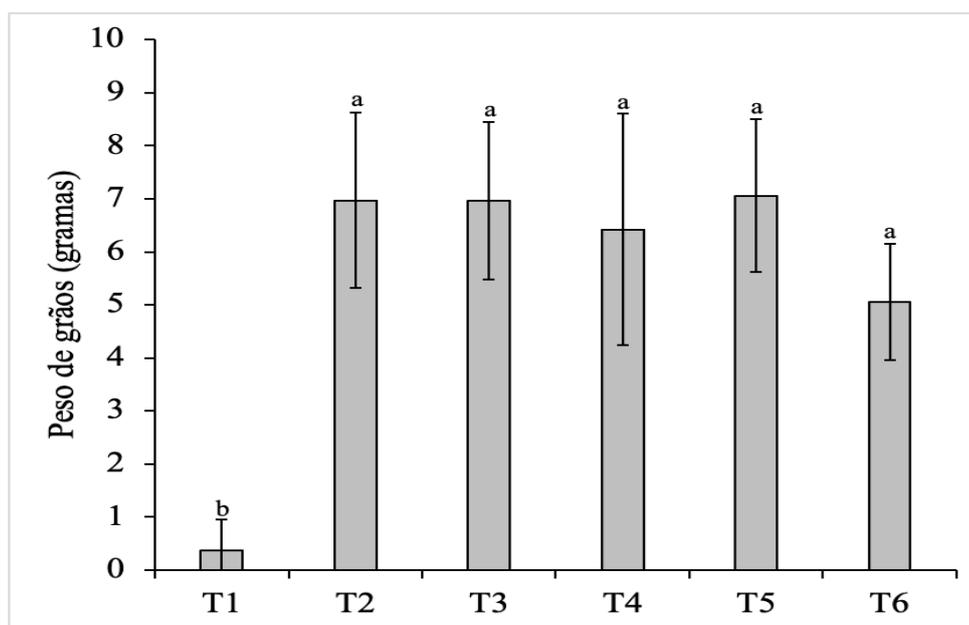
Tabela 5 - Resultado da colheita do ano 2023 no experimento da cultura do feijão

Ano	T1			T2			T3			T4			T5			T6		
	Ng (g)	Pg (g)	sc/ha															
20/01/2023	5	1,33		23	5,97		26	6,45		29	7,65		28	8		11	4,36	
	2	0,51		23	7,53		40	9,58		17	4,21		33	9,07		18	5,66	
	0			16	5,52		27	6,46		30	8,14		25	6,16		18	4,27	
	0			21	6,22		19	5,9		11	3,88		25	5,6		22	6,72	
	0			32	9,62		23	6,39		28	8,22		21	6,47		18	4,3	
Médias	1,4	0,92	0,80	23	6,97	14,6	27	6,96	14,6	23	6,42	13,5	26,4	7,06	14,8	17,4	5,06	10,6

Fonte: Autor (2024).

Em relação à variável peso de grãos, a Figura 5 ilustra as médias da safra 2023.

Figura 6 - Médias para o peso de grãos, em gramas, para os tratamentos avaliados durante o experimento na primeira safra em 2023.



Médias seguidas pela mesma letra dentro da mesma safra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%; n = 5; *p value* = 0,000.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Na primeira safra, no ano de 2023, o tratamento T1 apresentou a menor média em relação aos demais tratamentos, devido estar associado só ao solo com cama de aviário e ao N, sem a calagem, sem pó de basalto e sem a fertilização mineral com P₂O₅ e K₂O.

Os resultados obtidos no ano de 2023 demonstraram valores menores de peso de grãos em comparação à segunda safra, no ano de 2024, devido ao severo ataque de mosca branca (onde efetuaram-se várias aplicações de inseticidas, porém sem controle eficaz) e à falta de água no solo no período do florescimento e enchimento dos grãos.

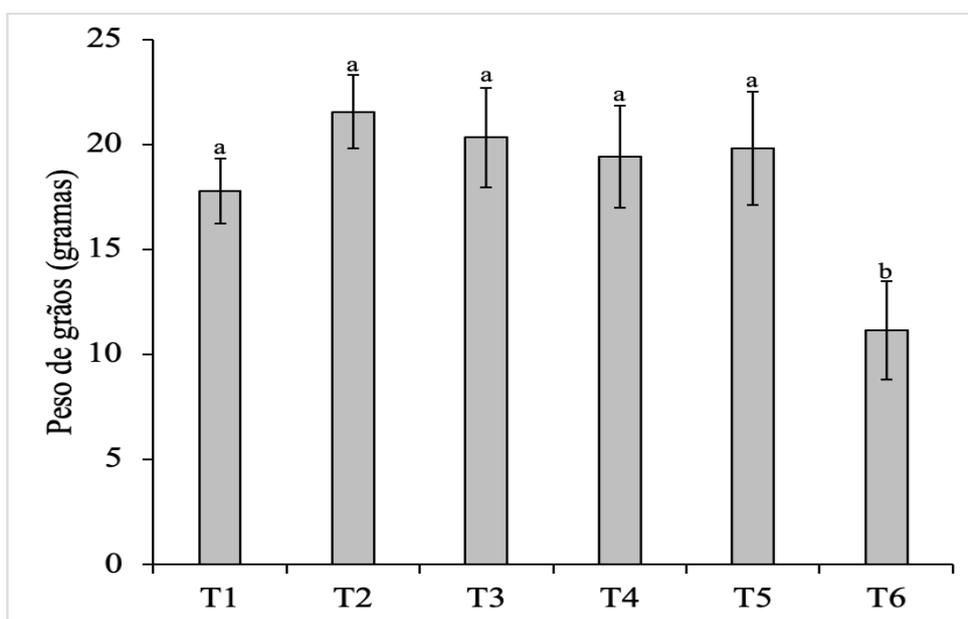
Tabela 6 - Resultado da colheita do ano 2024 no experimento da cultura do feijão.

Ano	T1			T2			T3			T4			T5			T6		
	Ng (g)	Pg (g)	sc/ha															
19/01/2024	62	16,06		109	22,75		88	20,20		79	19,48		89	21,38		33	9,62	
	69	18,15		96	18,78		108	22,93		73	15,87		78	17,21		41	8,25	
	62	17,13		82	20,94		87	20,21		77	20,71		79	19,05		47	11,33	
	84	20,19		96	22,46		86	16,59		80	18,64		102	23,67		45	12,28	
	76	17,36		83	22,84		94	21,70		102	22,35		76	17,76		56	14,31	
Médias	70,6	17,78	37,3	93,2	21,55	44,9	92,6	20,33	42,3	82,2	19,41	40,4	84,8	19,814	41,3	44,4	11,16	23,2

Fonte: Autor (2024).

A Figura 6 demonstra os resultados médios em relação à variável peso de grãos para a safra de 2024.

Figura 7 - Médias para o peso de grãos, em gramas, para os tratamentos avaliados durante o experimento nas duas safras 2024.



Médias seguidas pela mesma letra dentro da mesma safra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%; n = 5; p value = 0,000.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

No segundo ano, foi retirado o T1 (com cama de aviário e N, sem calagem, sem fertilização mineral com P_2O_5 e K_2O e sem remineralizador de basalto), o qual praticamente não apresentou produção, e foi adicionado o tratamento com calagem e N (recebendo a denominação T1), para avaliar-se o efeito somente da calagem com N na produtividade, de forma a excluir qualquer influência que poderia ser encontrada nos outros tratamentos de forma isolada nos parâmetros avaliados, visto que se trata de solo nunca cultivado e o calcário aumenta o pH, e, conseqüentemente, modifica totalmente a química do solo, de forma benéfica às plantas, de maneira geral.

Observa-se que o parâmetro peso de grãos no ano de 2024 apresentou diferença significativa entre os tratamentos, tendo o tratamento T6 o menor peso. Para os demais tratamentos, não houve diferença. O fato dos demais tratamentos não terem apresentado resposta em relação ao T1 indica que a produtividade apresentada foi influenciada pela calagem, relacionada aos diversos benefícios de ordem química que proporciona ao solo de elevado poder tampão.

O resultado do T6 pode estar sendo influenciado por um fator à parte, relacionado à maior dose de remineralizador de basalto, de vez que apresentou produtividade menor que o T1, que só recebeu calcário e N. Na ordem de 20 ton ha^{-1} , esse tratamento apresentava partículas de diâmetro menor que 0,3 mm, passando, portanto, a ocupar o espaço do tamanho da fração silte, areia muito fina e areia fina do solo. O remineralizador, em elevada dose, em vasos relativamente pequenos, e com a estrutura natural do solo utilizado no experimento tendo sido totalmente alterada, pode ter ocupado lugar entre os vazios do solo, em especial a macroporosidade, dificultando de alguma forma o desenvolvimento radicular vegetal. Tal fato, portanto, deve ser visto com cautela nos resultados.

5 CONCLUSÃO

No que se refere ao parâmetro peso dos grãos, observou-se diferença estatística entre os diferentes tratamentos no primeiro ano de cultivo. O tratamento que utilizou cama de aviário e N (sem adubação mineral com P_2O_5 e K_2O , sem calagem, sem remineralizador de basalto) apresentou os menores resultados. Em contraste, os demais tratamentos presentes na primeira safra do estudo foram estatisticamente semelhantes entre si. No segundo ano, o tratamento com maior dose de remineralizador, sem adição de fertilizante mineral, diferiu dos demais, apresentando a menor produtividade, sendo que os demais tratamentos não diferiram entre si.

O tratamento com a maior dose de remineralizador de basalto (20 ton ha^{-1}) sem adição de P_2O_5 e de K_2O , que apresentou o menor valor para produtividade, na segunda safra, deve ser observado com cautela, pois as pesquisas foram conduzidas em vasos com 20 cm de diâmetro x 20 cm de altura e, nessas condições, a dose utilizada de remineralizador foi elevada, sendo que esse material passou por peneira de 0,3 mm de malha, resultando, portanto, partículas do tamanho do silte, areia muito fina e areia fina, as quais podem ter influenciado negativamente na porosidade do solo, afetando o crescimento das plantas.

O efeito do calcário se fez pronunciar nos diferentes tratamentos no segundo ano de safra, devido aos benefícios químicos que propicia aos solos. Tratando-se de solo nunca cultivado, com elevado poder tampão, alto teor de matéria orgânica, a dose utilizada para elevar o pH do solo ao nível desejado foi elevada, e esse efeito mostrou-se pronunciar sobre os efeitos dos diferentes tratamentos. Portanto, em duas safras, nesse solo, em condições de cultivo em estufa, basicamente a produtividade apresentada está relacionada com a calagem.

A continuidade das pesquisas ao longo do tempo provavelmente demonstrará os efeitos dos demais tratamentos na produtividade da cultura.

REFERÊNCIAS

ABRANCHES, Jorge Luiz. Uma revisão geral: alguns aspectos da fertilização foliar e fertigação na cultura do feijão no Brasil. **Programa Educativo e Social JC na Escola: Ciência Alimentando o Brasil**, p. 335-353, 2018. Disponível em: <https://agbbauru.org.br/publicacoes/Alimentando2ed/pdf/Alimentando2ed-25.pdf>. Acesso em: 15/06/24.

ALVARES, Clayton Alcarde *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

BARILI, Leiri Daiane *et al.* Adaptabilidade e estabilidade e a produtividade de grãos em cultivares de feijão preto recomendadas no Brasil nas últimas cinco décadas. **Ciência Rural**, v. 45, p. 1980-1986, 2015.

BERGMANN, Magda *et al.* **Caracterização de flogopititos e outras rochas encaixantes das mineralizações de esmeralda de campo formoso e pindobaçu (BA) como fontes de potássio e multinutrientes para remineralização de solos.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 3., 2017, Pelotas. **Anais [...]** Assis: Triunfal Gráfica e Editora, 2017. Editado por Adilson Luis Banberg, Carlos Augusto Posser Silveira, Éder de Souza Martins, Magda Bergmann, Rosane Martinazzo e Suzi Huff Theodoro. 2017.p. 103-108.

BRANDÃO, Juliana Andréia Vrba. **Pó de rocha como fonte de nutrientes no contexto da agroecologia.** 2012. 100f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2012. Disponível em: http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/6819/Tese_Andre-Mundstock-Xavier-de-Carvalho.pdf?sequence=1. Acesso em: 14/06/24.

BRANDÃO, Juliana Andréia Vrba *et al.* Solubilization of diabase and phonolite dust by filamentous fungus. **Revista Ceres**, v. 61, n. 5, p. 740-745, out. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201461050018>. Acesso em: 25/08/23.

BRASIL. Introdução Normativa nº 5, de 10 de março de 2016. Sobre o que trata. Brasília, DF: **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/ptbr/assuntos/insumosagropecuarios/insumosagricolas/fertilizantes/legislacao/in-5-de-10-3-16-remineralizadores-e-substratos-paraplantas.pdf/view>. Acesso em: 25/08/23.

BRASIL. Lei nº 12.890, de 10 de dezembro de 2013. Altera a Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, para incluir os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura, e dá outras providências. Brasília, DF: **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, 2013. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/112890.htm. Acesso em: 25/08/23.

CARA, Diego Valentim Crescente *et al.* Solubilização biológica de potássio. 2012.

CONCEIÇÃO, Lucas Terto *et al.* Potential of basalt dust to improve soil fertility and crop nutrition. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 10, p. 100443, 2022.

CORREIA, Vinícius Mantelato Bomfim. Pó de rocha basalto aplicado à lanço e no sulco de plantio de cana-de-açúcar em ambiente estritivo de cerrado. 2022.

CQFS. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11. ed. Porto Alegre: SBCS/NRS, 2016.

DA SILVA, Alinne *et al.* Avaliação dos efeitos da aplicação de basalto moído na fertilidade do solo e nutrição de *Eucalyptus benthamii*. **Floresta**, v. 42, n. 1, p. 69-76, 2012.

DA SILVA, Osmira Fátima; WANDER, Alcido Elenor. O feijão-comum no Brasil: passado, presente e futuro. 2013. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/961699>. Acesso em: 24/08/23.

DE BRITO, Rychaellen Silva et al. Rochagem na agricultuta: importância e vantagens para adubação suplementar. *South American Journal of basic education, technical and technological*, v. 6, n. 1, p. 528-540, 2019.

CARVALHO, André Mundstock Xavier. Rochagem: um novo desafio para o manejo sustentável da fertilidade do solo. In: Silva, José C. da; Silva, Arejacy A.S.; Assis, Rafael T. de (org.). **Sustentabilidade e Inovações no Campo**; Uberlândia: Composer, 2013. p. 117-132. Disponível em: http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/6819/Tese_Andre-Mundstock-Xavier-de-Carvalho.pdf?sequence=1. Acesso em: 16/06/24.

PÁDUA, E. J. de. Rochagem como adubação complementar para culturas oleaginosas. 2012. 91 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/76755/1/Alvaro-Dissertacao-Eduane.pdf>. Acesso em: 18/06/24.

EPAGRI. **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina**, v.1 p. 1-195. Santa Catarina 2022. Disponível em: https://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/publicacoes/Sintese_2021_22.pdf. Acesso em: 26/08/23.

EPAGRI/CEPA. **Boletim Agropecuário**. Florianópolis: Epagri/Cepa, 2024. Disponível em: <https://cepa.epagri.sc.gov.br/index.php/publicacoes/boletim-agropecuario/>. Acesso em: 16/06/24.

FAOSTAT. **Crops**. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 24/08/23.

FERREIRA, Namir Griebler *et al.* **Avaliação do uso do pó de basalto na cultura do feijão preto**. 2023. Tese de Doutorado. Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

HANISCH, Ana Lúcia *et al.* Potencial do pó de basalto como remineralizador de solo em sistemas de produção de hortaliças. **Agropecuária Catarinense**, v. 37, n. 1, p. 25-30, 2024.

HILÁRIO, Elis Farias. **Dinâmica de lixiviação de macro e micronutrientes em solo remineralizado com basalto**. 2022. 61 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2022.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2021**. Santa Catarina: IBGE,2021.

IPEA. **Barreiras Fitossanitárias as Importações de Feijão no Brasil**. Projeto de Pesquisa. Brasília, 2018. p. 1-36.

JÚNIOR, Joaquim Júlio Almeida *et al.* **Análise das variáveis tecnológicas na cultura da soja (*glycinemax*) com utilização de remineralizador de solo como fertilizante**. Brazilian Journal of Development. Curitiba, v. 6, n. 8, p. 56835-56847 ago. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n8-190>. Acesso em: 15/06/24.

JÚNIOR, Joaquim Júlio Almeida *et al.* Remineralizador de solo utilizado como alternativa sustentável para fertilização de solos na cultura da soja no Centro-Oeste do Brasil. **Conjecturas**, [S.l.], v. 22, n. 9, p. 486-498, 20 ago. 2022. UniaoAtlantica de Pesquisadores. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.53660/conj-1289-x57>. Acesso em 12/06/24.

KERKHOFF, Jéssica Tais *et al.* produtividade de feijão preto sob diferentes doses de pó de rocha de basalto em latossolo. **Salão do Conhecimento**, 2018.

KUME, Honorio. **Barreiras fitossanitárias às importações de feijão no Brasil: projeto de pesquisa barreiras não tarifárias e o desempenho do agronegócio brasileiro: relatório final**. 2018.

LINS, Fernando Freitas *et al.* **Congresso Brasileiro de Rochagem**. In: Congresso Brasileiro de Rochagem, 1., 2010, Planatina, DF. Anais [...]. Planatina, DF: Embrapa Cerrados, 2010.

LOPES, Otavio Mitsuhiro Motizuki *et al.* Solubilização de pó de basalto por meio de vinhaça: variação de pH e nutrientes disponíveis. **Engenharia Ambiental: pesquisa e tecnologia**, v. 10, n. 2, 2013.

MARTINAZZO, Rosane *et al.* **Pó de rocha, agrominerais e remineralizadores**, 2022. Disponível: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1149679/po-de-rocha-agrominerais-e-remineralizadoresem>. Acesso em 24/08/23.

MELO, Valdinar Ferreira *et al.* Doses de basalto moído nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo distrófico da savana de Roraima. **Acta amazônica**, v. 42, p. 471-476, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/aa/v42n4/a04v42n4.pdf>. Acesso em: 20/03/2024.

MIELE, Alberto; MILAN, Paulo Anísio. Composição mineral de cama de aviário de frangos de corte e sua utilização na adubação de vinhedos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 18, n. 7, p. 729-733, 1983.

MIGLIAVACA, Guilherme *et al.* ANÁLISE AGRONÔMICA DA ADUBAÇÃO COM REMINERALIZADORES ASSOCIADO A MIX DE PLANTAS DE COBERTURA NA CULTURA DO FEIJÃO (AGRONOMIA). **Real**, S.L., v. 1, n. 1, p. 1-15, jan. 2022.

OLIVEIRA, PS d'. Uso de pó de rocha em plantas forrageiras. 2023. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1157266/1/Uso-de-po-de-rocha-em-plantas-forrageiras.pdf>. Acesso em: 24/02/24.

PLEWKA, Roberto Guilherme *et al.* Avaliação do uso do pó de basalto na produção de feijão. **Cadernos de Agroecologia**, v. 4, n. 1, 2009.

POTTER, Reinaldo Oscar *et al.* **Solos do Estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 46).

REIS, Willian dos. Aplicação de pó de rocha e enxofre elementar associado a plantas de cobertura do solo, na disponibilidade de nutrientes para a cultura do milho. 2020.

RIBEIRO, Luane Laíse Oliveira *et al.* **Efeito do pó de rocha de basalto, cama de frango e esterco bovino nos atributos químicos do solo, teores de nutrientes foliares e produtividade da soja e milho segunda safra**. 2023.

SANTOS, João Felinto dos *et al.* **Produção de feijão sob doses de Pó de Rocha (MP4) em sistema agroecológico**. In: V Congresso Latinoamericano de Agroecología-SOCLA (7 al 9 de octubre de 2015, La Plata). 2015.

SILVA, Cassio Roberto da. Recursos minerais do Brasil: defesa, segurança e desenvolvimento. 2019. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/21670/1/tcc_esg_recursos_minerais_brasil.pdf. Acesso em: 20/08/23.

SILVA, Aline *et al.* Fertilidade do solo e desenvolvimento de feijão comum em resposta adubação com pó de basalto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.7, n.4, p.548-554, 2012.

SILVA, Darlan Weber da *et al.* Pó de basalto como fertilizante alternativo na cultura do feijão preto em Latossolo vermelho. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, [S.L.], v. 15, n. 4, p. 373-378, 1 out. 2020. Grupo Verde de Agroecologia e Abelhas. <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v15i4.7784>.

SILVEIRA, Heloize. **Qualidade física e fisiológica de sementes de feijão carioca comercializadas na cidade de Pato Branco-Paraná**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SOUZA, Maicon Douglas Bispo de *et al.* Efeito de remineralizador, vinhaça e plantas de cobertura nos atributos químicos do solo. *Revista Cincia, Tecnologia & Ambiente*, [S.L.], v. 5, n. 1, p. 1-7, jan. 2017. Editora Cubo. <http://dx.doi.org/10.4322/2359-6643.05107>.

STEINMETZ, Silvio; SILVA, SC da. Início dos estudos sobre zoneamento agrícola de risco climático (ZARC) no Brasil. **Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão**, 2017.
THEODORO, Suzi Huff *et al.* **Efeito do uso da técnica de rochagem associada à adubação orgânica em solos tropicais**. In: II Congresso Brasileiro de Rochagem. 2013.

WREGGE, M. S. *et al.* **Atlas climático da região sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Brasília: Embrapa, 2012.

