



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

Arthur Gabriel Quadrado Caminero

Uso de remineralizador de basalto na produção de soja em Cambissolo Húmico

Curitibanos/SC

2024

Arthur Gabriel Quadrado Caminero

Uso de remineralizador de basalto na produção de soja 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. Dr. Antônio Lunardi Neto

Curitibanos/SC

2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Caminero, Arthur Gabriel Quadrado

Uso de remineralizador de basalto na produção de soja
em Cambissolo Húmico / Arthur Gabriel Quadrado Caminero ;
orientador, Antônio Lunardi Neto, 2024.

41 p.

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

Inclui referências.

1. Agronomia. 2. Soja. 3. Fertilizantes. 4. Basalto. 5.
Remineralizador. I. Neto, Antônio Lunardi. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Agronomia. III. Título.

Arthur Gabriel Quadrado Caminero

Uso de remineralizador de basalto na produção de soja em Cambissolo Húmico

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi avaliado e aprovado, em 22 de novembro de 2024,
pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Antônio Lunardi Neto
Orientador

Prof. Dr. Cleber José Bosetti
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^a. Dr^a. Nádia Cristina de Oliveira
Universidade para o Desenvolvimento de Santa Catarina

Certificamos que esta é a versão original e final do Trabalho de Conclusão de Curso que foi
julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro(a) Agrônomo(a).

Prof. Dr. Antônio Lunardi Neto
Orientador

Curitiba, SC 2024

RESUMO

A cultura da soja é importante no estado de Santa Catarina, representando na safra 2022/2023 aproximadamente 860 mil hectares de área colhida. Dentre os aspectos fundamentais para a obtenção de boa produtividade dessa cultura destacam-se, dentre outras, condições de manejo de solo adequadas, tendo na calagem e fertilização grande importância. Alternativamente, o uso de rochagem em solos como fonte de nutrientes às plantas vem crescendo no país. Mas existem poucas pesquisas com relação aos efeitos do emprego de tais insumos nos solos na produção agrícola. Nesse sentido, este trabalho teve por objetivo avaliar a produtividade da soja fertilizada com remineralizador de basalto (esse, associado ou não com fertilizantes minerais) em comparação com a produtividade desse grão apresentada com o uso de fertilizantes minerais. O trabalho foi conduzido em estufas. No experimento utilizou-se de amostras do horizonte superficial de um Cambissolo Húmico Alumínico típico (solo não cultivado), as quais foram submetidas a diferentes tratamentos com calagem, cama de aviário, fertilizantes minerais solúveis (correção mais manutenção), e doses diferentes de remineralizador de basalto (2,5, 5, 10 e 20 Mg ha⁻¹). Nesses tratamentos com remineralizador, associado ou não com doses parciais de fósforo e potássio, somente fósforo e sem fósforo e potássio. Utilizou-se como critério para as doses parciais de fósforo e potássio a quantidade existente desses elementos químicos no remineralizador. É fato conhecido que o remineralizador apresenta lenta liberação de nutrientes, porém foi o critério utilizado para objetivar resultados de produtividade com economia de fertilizantes. A metodologia de implantação e condução do experimento foi baseada no Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), no primeiro ano conduzido com seis tratamentos e cinco repetições e no segundo ano conduzido com sete tratamentos e cinco repetições. O experimento foi conduzido por duas safras de soja e duas de aveia branca no inverno (os dados de produtividade da aveia não estão neste trabalho). Os dados relacionados às análises estatísticas para a soja indicaram que na primeira safra basicamente não houve diferenças significativas nas produtividades entre os tratamentos com remineralizadores (associados ou não com fertilizantes minerais) e aqueles com fertilizantes minerais. Na segunda safra os resultados baseados na mediana demonstraram mesma produtividade para o tratamento que recebeu somente fertilizantes minerais e aqueles que receberam remineralizador e fertilização parcial com fertilizantes minerais (2,5 Mg ha⁻¹ de remineralizador mais aporte de fósforo e potássio. 5,0 Mg ha⁻¹ de remineralizador mais aporte de fósforo. 10,0 Mg ha⁻¹ de remineralizador mais aporte de fósforo). O tratamento com maior

dose de remineralizador (20 Mg ha⁻¹) apresentou menor produtividade que o tratamento com fertilizantes minerais, e mesma produtividade do tratamento somente com calcário.

Palavras-chave: Soja; Fertilizantes; Basalto; Remineralizador.

ABSTRACT

Soybean cultivation is important in the state of Santa Catarina, representing approximately 860 thousand hectares harvested in the 2022/2023 season. Among the fundamental aspects for achieving good productivity in this crop are adequate soil management conditions, with liming and fertilization being of great importance. Alternatively, the use of rock dust in soils as a source of nutrients for plants has been growing in the country. However, there is little research regarding the effects of such inputs on soils in agricultural production. In this context, this study aimed to evaluate the productivity of soybeans fertilized with basalt remineralizer (associated or not with mineral fertilizers) compared to the productivity of this grain with the use of mineral fertilizers. The experiment was conducted in greenhouses. The experiment used samples from the topsoil horizon of a typical Humic Aluminum Cambisol (uncultivated soil), which were subjected to different treatments with liming, poultry litter, soluble mineral fertilizers (correction plus maintenance), and different doses of basalt remineralizer (2.5, 5, 10, and 20 Mg ha⁻¹). These treatments with remineralizer, associated or not with partial doses of phosphorus and potassium, phosphorus alone, and without phosphorus and potassium. The criterion for partial doses of phosphorus and potassium was based on the amount of these chemical elements in the remineralizer. It is known that the remineralizer presents a slow release of nutrients, but this criterion was used to achieve productivity results with fertilizer economy. The methodology for implementing and conducting the experiment was based on a Completely Randomized Design (CRD), in the first year conducted with six treatments and five repetitions and in the second year conducted with seven treatments and five repetitions. The experiment was conducted over two soybean seasons and two winter white oat seasons (oat productivity data are not included in this work). Statistical analysis data for soybeans indicated that in the first season, there were basically no significant differences in productivity between treatments with remineralizers (associated or not with mineral fertilizers) and those with mineral fertilizers. In the second season, the median-based results showed the same productivity for the treatment that received only mineral fertilizers and those that received remineralizer and partial fertilization with mineral fertilizers (2.5 Mg ha⁻¹ of remineralizer plus phosphorus and potassium, 5.0 Mg ha⁻¹ of remineralizer plus phosphorus, and 10.0 Mg ha⁻¹ of remineralizer plus phosphorus). The treatment with the highest dose of remineralizer (20 Mg ha⁻¹) showed lower productivity than the treatment with mineral fertilizers, and the same productivity as the treatment with only limestone.

Keywords: Soybean; Fertilizers; basalt; remineralizer.

“As pessoas colhem no deserto da dor
tudo aquilo que semeiam aos ventos do
prazer”.

(Pedro Quadrado Caminero)

AGRADECIMENTOS

Deixo aqui registrado o meu agradecimento em especial ao meu avô, Pedro Quadrado Caminero (*in memoriam*) que desde pequeno sempre me incentivou a ler e buscar conhecimento, despertando assim a curiosidade e a vontade de compreender melhor tudo aquilo que está em minha volta, agradeço também por ter me ensinado muito sobre os valores de uma pessoa honesta, justa e que não teme ao desconhecido.

Agradeço aos meus pais Rogério Quadrado Caminero e Rosemeire Mackert de Lima que sempre me apoiaram e balizaram meu desenvolvimento para que hoje eu possa estar escrevendo mais uma parte dessa história que sem dúvidas só é possível por conta do apoio que tive em todos os momentos e por confiar nas decisões que tive que tomar.

Sem dúvidas, não posso deixar de registrar aqui meu agradecimento aos professores e estimados amigos Rogério Manoel Lemes de Campos e Rosane Silvia Davoglio, os quais muito me incentivaram em buscar o tão sonhado diploma por meio da UFSC-Curitibanos, me encorajando, apoiando e orientando para que eu chegasse até a conclusão deste maravilhoso curso, sempre serão lembrados.

Expresso aqui meu agradecimento ao amigo e orientador Antônio Lunardi Neto que desde o início da graduação me possibilitou desenvolver o experimento que hoje resulta em algumas publicações bem como nesta monografia, por ter confiado a mim o trabalho de desenvolver esta pesquisa e ter possibilitado que hoje seja escrita mais uma página da minha história, da qual é parte integrante, por ter sido a mão amiga, nas horas difíceis e não permitir que nada alterasse o caminho que devia ser seguido, por todos os conselhos e exemplos que levarei para a vida.

Aos amigos, professores e colegas do grupo de pesquisas Joni Stolberg, Cristian Soldi, Luccas Maçaneiro Ricardo, Gustavo Iwasaki, Fernando Jair Lompa, Pedro Henrique Klein e David Alex Daubermann, com quem foram compartilhados os momentos de dificuldades, trabalho, pesquisa e boas risadas.

Ao estimado amigo Gustavo Henrique Mozzer Regazolli que por várias vezes auxiliou na realização e solução de dúvidas relacionadas as análises estatísticas realizadas e pensadas para este e outros trabalhos.

A estimada colega e amiga Heloisa Delmonego Hess pelo apoio e dedicação e por auxiliar no que foi preciso.

A todo o corpo docente da UFSC, bem como todos os demais profissionais que possibilitaram minha formação e a realização de um sonho que hoje compartilho com vocês.

Agradeço a todos os colegas que estiveram comigo nessa jornada e espero que em breve possamos voltar a ser colegas, agora como profissionais e que nosso título de engenheiros agrônomos nos permita realizar grandes feitos para a agronomia, ciência, pesquisa, extensão, ensino e para a sociedade.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS	15
1.1.1	Objetivo Geral	15
1.1.2	Objetivos Específicos	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1.	BREVE HISTÓRICO SOBRE REMINERALIZADORES (PÓ DE ROCHA)	16
2.2	LEGISLAÇÃO SOBRE REMINERALIZADORES (PÓ DE ROCHA)	18
2.3	ROCHAGEM E REMINERALIZAÇÃO	20
2.4	BASALTO	22
2.5	A SOJA	23
2.6	PESQUISAS SOBRE O USO DE REMINERALIZADORES EM SOJA	24
3	MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1	ÁREA DE ESTUDO	25
3.2	INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	25
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
6	CONCLUSÕES	36
	REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de soja, atingindo na safra 2023/24 uma produção de aproximadamente 150 milhões de toneladas, superando os 120 milhões de toneladas dos Estados Unidos, segundo maior produtor (CONAB, 2024).

A soja é atualmente a cultura com maior destaque em âmbito nacional tanto em produção e exportação quanto em área cultivada. Em setembro de 2024 o Brasil apresentava uma área plantada bastante expressiva, totalizando segundo o IBGE aproximadamente 94 milhões de hectares (ha), ficando notória a dominância estabelecida pela cultura da soja com 45.965.208 ha plantados no país, o que corresponde a 48,74% da área plantada para o período.

O Estado de Santa Catarina apresenta uma contribuição modesta em relação ao Brasil quando se trata da produção total da cultura da soja, mesmo assim ela representa cerca de 48,22% da área plantada no estado (IBGE, 2024).

Essa informação permite compreender a magnitude do cultivo da leguminosa, bem como a importância de sua produção para a balança comercial, soberania alimentar e PIB do País (IBRE/FGV).

Apenas o cultivo de soja deve responder por 22% de todo o avanço do Produto Interno Bruto (PIB) de 2023, sinalizando uma concentração de parte expressiva da riqueza gerada no país em poucos estados produtores do grão (IBRE/FGV,2023).

Atualmente o Brasil é muito dependente de importações de fertilizantes minerais para a manutenção da agricultura, sendo um dos maiores consumidores dos fertilizantes a base de Nitrogênio, Fósforo e Potássio.

No ano de 2020 o Brasil teve destaque entre os maiores consumidores das principais fontes de fertilizantes, com destaque para os fertilizantes potássicos seguido por fertilizantes fosfáticos e nitrogenados, sendo classificado segundo a GlobalFert (2021b) como segundo, terceiro e quarto colocado no ranking dos maiores consumidores destes fertilizantes respectivamente no ano de 2020.

A partir disso buscam-se diversas alternativas no sentido de se mitigarem os efeitos de um possível desabastecimento de fertilizantes, como evidenciado por conta do conflito entre a Rússia e a Ucrânia, países importantes na produção. Os atuais preços dos fertilizantes têm sido tema de vários debates, entre as comunidades agrícolas, isso se dá por diversos fatores que lhes conferem elevado valor agregado, resultando em aumento de custos de produção ao produtor rural. Os inúmeros conflitos de interesses que se estabelecem ao redor de todo o mundo têm

aumentado o grau de incerteza sobre o abastecimento de fertilizantes a diversos países dependentes de importação para a produção de plantas.

Uma das alternativas promissoras consiste no uso de rochas moídas nos solos. A rochagem consiste no uso do pó de rocha aplicado no solo para servir como fonte de nutrientes para as plantas na agricultura (Cola; Simão, 2012), em substituição total ou parcial aos fertilizantes minerais. O termo “rochagem” não tem uma tradução definida para o inglês, sendo muitas vezes compreendido na literatura por expressões como “*rock powder*”, “*crushed rocks*”, “*stonemeal*”, ou de maneira mais rudimentar “*rocks for crops*”. Esses termos surgem por semelhança aos termos calagem, fosfatagem, gessagem, que fazem referência à aplicação, de calcário, fertilizantes fosfatados ou gesso agrícola (De Carvalho, 2013), respectivamente, pois eles nada mais são que rochas moídas. O gesso agrícola pode ser obtido também como resíduo da produção industrial de fertilizantes minerais fosfatados solúveis (Reetz, 2017).

Há alguns anos, foi estabelecido o termo remineralizador, relativo a produto (pó de rocha) autorizado para comercialização pelo ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, devendo atender a critérios específicos para serem registrados como tais. Os remineralizadores desempenham um papel importante na regeneração dos solos, trazendo de volta os elementos químicos nutrientes essenciais necessários para a vida vegetal e, conseqüentemente, a saúde dos ecossistemas e da agricultura sustentável. Além disso, contribuem significativamente para a redução da dependência de fertilizantes minerais, promovendo práticas agrícolas mais sustentáveis (Hensel, 1958).

Sendo assim, uma alternativa seria a utilização de remineralizadores em solos para produção agrícola, pois possuem custo menor de produção em relação aos fertilizantes minerais e podem ser obtidos em diversas regiões, por ser um país que apresenta abundância nos mais variados tipos de rochas. Os remineralizadores possuem efeito residual maior que os fertilizantes solúveis o que faz com que sejam mais duradouros após aplicados nos solos contudo não existem pesquisas que abordem sobre o período total em que os remineralizadores atuam liberando nutrientes para as plantas (Da Silva Souza, 2017). As perdas por conta da lixiviação são reduzidas por conta da liberação gradual dos nutrientes presentes em seus minerais.

Os remineralizadores podem ser grandes aliados dos agricultores, contudo existem poucas pesquisas que comprovem níveis de produtividade próximos ou até maiores em relação aos fertilizantes minerais. Seu uso pode possibilitar um sistema produtivo mais eficiente, onde se minimizam os custos e conseqüentemente obtém-se maiores lucratividades no sistema produtivo.

Em se tratando do tema rochagem existem vários registros pretéritos dessa prática, como exposto no livro de Hensel, publicado no ano de 1898 em Leipzig, de titulação “Pães de Pedra” neste, o principal enfoque é a potencialidade de fertilização do solo com pós de rochas, “convertendo pedras em alimentos”, no prefácio de "Pães de Pedra", escrito em 10 de outubro de 1893, na sua casa em Hermsdorf aos pés do Kynast, Julius Hensel pergunta:

O que se conseguirá ao fertilizar com farinhas de rochas?

Se conseguirá:

1. Converter pedras em "alimento", e transformar regiões áridas em frutíferos.
 2. Alimentar ao faminto.
 3. Conseguir que sejam colhidos cereais e forragens sãs, e desta maneira, prevenir epidemias e enfermidades entre homens e animais.
 4. Tornar a agricultura novamente um ofício rentável e economizar grandes somas de dinheiro, que hoje em dia são investidos em fertilizantes que em parte são prejudiciais e em parte inúteis.
 5. Fazer que a desempregado regresse a vida do campo, ao instruí-lo sobre as inesgotáveis forças nutritivas que, até agora desconhecidas, encontram-se conservados nas rochas, a ar e a água.
- Isto é a que se conseguirá.

No entanto o assunto vem sendo impulsionado por diversos fatores, entre eles a escassez de produção de fertilizantes no Brasil o que torna o país dependente de importações (Lunardi Neto, 2024).

Para além dos agravantes econômicos ressaltem-se as poucas pesquisas que comprovem a viabilidade do uso do pó de rocha de maneira a substituir parcial ou totalmente o uso dos fertilizantes minerais. O processo de intemperismo dos minerais presentes no pó é lento, o que faz com que os elementos químicos essenciais às plantas não sejam liberados logo após o contato com a água. Os fertilizantes industrializados, que são amplamente utilizados nos cultivos, são altamente solúveis, liberando os nutrientes para a solução do solo e, aí, ficam disponíveis para as plantas (Lunardi Neto, 2024).

Dentre as rochas utilizadas na agricultura está o basalto, considerada uma rocha básica (teores de SiO_2 entre 45 e 52%), importante material de origem de solos na região sul do Brasil, contribuindo para sua qualidade química e física (Lunardi Neto, 2024). Em função da grande presença de minerais relativamente facilmente intemperizáveis (feldspatos cálcicos e piroxênios), e ricos em cátions (Ca, Mg, Fe, dentre outros) em sua composição, é para a agricultura uma rocha de grande importância, por originar solos com elevados níveis de fertilidade (Resende et al., 2006), especialmente em microelementos essenciais às plantas, com Fe, Cu, Mn e Mo (Oliveira, 2011).

Neste trabalho foram desenvolvidos experimentos envolvendo o uso de pó de basalto associado com o uso de cama de aviário e fertilizantes minerais, objetivando obterem-se dados sobre seus efeitos na produtividade da soja, comparados com o uso de fertilizantes minerais.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a produtividade da soja com remineralizador de basalto.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Comparar as produtividades dos tratamentos com P+K em relação aos demais.
- Comparar as produtividades nas diferentes dosagens de Remineralizador.
- Comparar as diferentes dosagens de Remineralizador associado a fertilização de reposição utilizando P+K.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. BREVE HISTÓRICO SOBRE REMINERALIZADORES (PÓ DE ROCHA)

No Brasil as primeiras ideias sobre rochagem surgiram na década de 1950 no estado de Minas Gerais, desenvolvidas por Josué Guimarães e Vlademir Ilchenko. Posteriormente, Othon Henry Leonardos, professor e pesquisador da Universidade de Brasília (UnB), desenvolveu inúmeras pesquisas relacionadas ao tema sendo considerado o grande precursor da Rochagem no País. Nos anos 1990, vários grupos começaram novas pesquisas com aplicações específicas (Lins et al., 2010). Um grupo de pesquisa da UnB, liderado pelo Prof. Othon H. Leonardos, iniciou os testes com diferentes rochas brasileiras, pesquisando os aspectos geológicos, químicos e agrônômicos, realizando experimentos com pequenos agricultores, assentados e quilombolas nos estados do Rio Grande do Sul, Pará, Minas Gerais e Bahia (Lins et al., 2010).

A Embrapa também pesquisou sobre outros tipos de rochas com potencial para abastecer o mercado brasileiro com fontes minerais específicas, em destaque o Potássio presente nesses minerais. Os trabalhos de pesquisa sobre essas rochas têm sido abordados em Congressos Regionais e nos Congressos Brasileiros de Rochagem (Lins et al., 2010). No início do segundo milênio, um grupo seletivo composto por representantes de várias áreas do conhecimento, universidades e órgãos governamentais promoveu intensas discussões sobre a inserção dos remineralizadores de rochas em uma Instrução Normativa a ser editada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e abastecimento (MAPA). No entanto, a ausência de concordância, no que diz respeito aos valores aceitos para a Capacidade de Retenção de Água (CRA) e a Capacidade de Troca Catiônica (CTC), não admitiu o seu enquadramento legal (Theodoro, 2017).

No ano de 2004, ocorreu a primeira Conferência Internacional denominada “*Rocks for Crops*”, em tradução livre, Rochas para culturas, em Brasília, onde participaram vários pesquisadores e cientistas. Um dos temas abordados nessa conferência foi a regulamentação dos remineralizadores de rochas no Brasil e como esse fato poderia alterar a situação da agricultura brasileira. Porém as discussões esbarravam na falta de consenso sobre a eficácia dos materiais geológicos. Um dos resultados da Conferência foi o estabelecimento de uma rede de pesquisadores ao redor do mundo, que teve como objetivo levar adiante as pesquisas, de forma a se obterem resultados mais contundentes (Theodoro, 2017).

Em 2007, ocorreu a segunda Conferência “*Rocks for Crops*” (Rochas no Cultivo), no Quênia com a participação de representantes e pesquisadores de mais de 11 países. Nessa Conferência, foram definidas algumas diretrizes que deveriam ser conduzidas no âmbito de cada país, incluindo e/ou reforçando a necessidade de regulamentação do uso dos remineralizadores (Theodoro, 2017). Esse somatório de fatos (os resultados científicos obtidos e a repercussão dos vários eventos) fortaleceram um movimento em prol da regulamentação dos remineralizadores e despertaram o interesse do Estado Brasileiro (Theodoro, 2017).

Nesta perspectiva, com o intuito de agregar as diversas linhas de pesquisas existentes, foi realizado, em 2009, o I Congresso Brasileiro de Rochagem, o qual foi um grande marco dessa tecnologia (Martins; Theodoro 2010 apud Mattos et al., 2016). Um dos diversos resultados obtidos pelo Congresso foi a formação do Grupo de Trabalho (GT) constituído por diversos pesquisadores de várias entidades de pesquisas e do governo tais como: Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral do Ministério de Minas e Energia (SGM/MME), Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (SETEC/MCTI), Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (SDA/MAPA), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), - Diretoria de Geologia e Recursos Minerais do Serviço Geológico do Brasil – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (DGM/SGB-CPRM), Diretoria de Planejamento e Desenvolvimento da Mineração do Departamento Nacional de Produção Mineral (DIPLAM/ DNPM), Universidade de Brasília (UnB), Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), dentre outras (Mattos et al., 2016).

Em 2013 foi realizado o II Congresso Brasileiro de Rochagem, que teve grande repercussão, contando com a presença de mais de 20 universidades diferentes, além dos órgãos de pesquisas públicos e privados (Theodoro et al., 2013). Nesse evento foi observado o êxito de vários produtos tidos como rejeitos de mineradoras pesquisados nas mais diversas áreas do conhecimento agrogeológico (Mattos et al., 2016). O Grupo coordenou pesquisas no país e desempenhou importante papel para o surgimento da Lei de Remineralizadores.

No mesmo ano do segundo congresso, no dia 10 de dezembro, com o propósito de aumentar de maneira sustentável a produtividade agrícola do país e garantir a segurança e soberania alimentar (BRASIL, 2013). Esse mesmo grupo, após a criação da Lei, organizou reuniões e oficinas para desenvolver a normatização dos agora chamados remineralizadores (Martins; Coelho; Theodoro, 2014 apud Mattos et al., 2016).

No ano de 2014 houve esforços para retirar subsídios das pesquisas desenvolvidas no país para criar as regras sobre as definições, classificação, especificação e garantias e

tolerâncias dos remineralizadores. Em 2015, a minuta da Instrução Normativa dos remineralizadores foi encaminhada ao ministério da agricultura e aprovada em 10 de março de 2016. Nesse contexto legal surge a necessidade de uma pesquisa de entendimentos jurídicos relacionados ao Código de Mineração, de forma a encontrar uma leitura capaz de viabilizar, sob a perspectiva regulatória de aproveitamento dos recursos minerais, a comercialização dos remineralizadores pelas empresas de mineração (Mattos et al., 2016).

2.2 LEGISLAÇÃO SOBRE REMINERALIZADORES (PÓ DE ROCHA)

A regulamentação sobre remineralizadores, Lei nº 12.890, de 10 de dezembro de 2013, alterou a Lei dos Fertilizantes (Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980) inserindo a categoria dos remineralizadores como insumos de uso agrícola. No ano de 2014 foi editado o Decreto nº 8.384, de 29 de dezembro de 2014, alterando o Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, a Lei dos Fertilizantes que tratava da fiscalização de produção e comercialização de fertilizantes com uso agrícola (BRASIL, 2013). Os remineralizadores, segundo a lei, classificam-se como material de origem mineral que apenas tenha sofrido redução e classificação de seu tamanho por meio de processos mecânicos que modifiquem a fertilidade do solo por meio de sua adição, para as plantas, promova a melhoria das características físico-químicas ou das atividades biológicas do solo (Lobato, 2016).

Foram publicadas pelo MAPA as Instruções Normativas IN nº 05 e 06 em 10 de março de 2016, que apresentam as mínimas composições de nutrientes para as plantas e os limites em relação a elementos potencialmente tóxicos (Bamberg et al., 2016; BRASIL, 2016). IN nº 5, de 10 de março de 2016, determina que remineralizadores devem possuir registro pelos estabelecimentos produtores e importadores no MAPA. A IN nº 5 delibera sobre a capacidade de retenção de água, a capacidade de troca catiônica, a soma de bases ($\text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O}$), a condutividade elétrica, a densidade, o potencial hidrogeniônico, e a umidade máxima dos remineralizadores (BRASIL, 2016).

A IN nº 5 também determina características e garantias dos remineralizadores comerciais, como: a soma de bases ($\text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O}$), deve ser igual ou superior a 9%, sendo que o teor de óxido de potássio (K_2O) deve ser igual ou superior a 1%. Quando os remineralizadores apresentarem naturalmente o macronutriente fósforo (P) e micronutrientes, teores desses nutrientes podem ser declarados na embalagem apenas se em níveis iguais ou superiores a: 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).

Apesar da legislação exigir várias condições para classificação e registro dos remineralizadores (BRASIL, 2013; BRASIL, 2016), alguns estudos que tratam da quantidade mínima de nutrientes a serem liberados num período, para validar o uso do remineralizador como um fertilizante. No entanto esses produtos, depois de aplicados ao solo, irão promover liberação de nutrientes gradativamente, favorecendo a manutenção da fertilidade e da produtividade.

Uma das principais barreiras dessa prática é a lenta solubilização dos minerais e consequentemente lenta liberação de nutrientes para as plantas (Ribeiro et al., 2016). Segundo o MAPA, os remineralizadores comerciais não podem apresentar teor superior a 25% de quartzo, em volume, em comparação com os elementos potencialmente tóxicos presentes, superiores a 15 partes por milhão (ppm) para Arsênio, 10 ppm para Cádmio, 0,1 ppm para Mercúrio, e 200 ppm para Chumbo, sendo que nessas condições fica vedada a produção, importação e comercialização no país (BRASIL, 2016).

Além disso, o MAPA define também regulamentações que tratam da granulometria específica dos remineralizadores, para que assim sejam considerados como demonstrado na tabela 1.

Tabela 1 - Especificações de natureza física dos remineralizadores.

ESPECIFICAÇÃO DE NATUREZA FÍSICA	GARANTIA GRANULOMÉTRICA	
	Peneira	Partículas Passantes (peso/peso)
Filler	0,3 mm (ABNT nº 50)	100%
Pó	2,0 mm (ABNT nº 10)	100%
	0,84 mm (ABNT nº 20)	70% mínimo
	0,3 mm (ABNT nº 50)	50% mínimo
	4,8 mm (ABNT nº 4)	100%

Farelado	2,8 mm (ABNT nº 7)	80% mínimo
	0,84 mm (ABNT nº 20)	25% máximo

Fonte: MAPA (2016).

2.3 ROCHAGEM E REMINERALIZAÇÃO

Grande parte dos elementos essenciais às plantas são encontrados na litosfera, pois são provenientes da constituição dos minerais formadores das rochas. O processo natural de intemperismo das rochas é responsável por ocasionar a liberação dos elementos químicos que os tornam disponíveis às plantas, contudo esse processo é demasiado lento (Gilman 1980 apud Melo et al., 2011).

Os solos brasileiros, de modo geral, apresentam um pH baixo o que lhes confere a característica de solos ácidos, além disso podem ser caracterizados como quimicamente pobres por conta do longo processo de intemperismo, apresentando deficiência de micronutrientes essenciais como o fósforo (P) e o potássio (K), logo, é necessário fertilizá-los.

São necessárias importações de ampla parte dos fertilizantes ou de suas matérias-primas, isso porque a produção brasileira desses corretivos é insuficiente para a fertilização de seus solos. Em sintonia à necessidade dos produtores, a técnica da rochagem que consiste na aplicação do remineralizador ou pó de rocha no solo tem atraído a atenção de pesquisadores em todo o mundo como alternativa às fontes convencionais de nutrientes, podendo ser utilizada como prática complementar (Pádua, 2012). Para a redução do tamanho, a rocha passa por um processo denominado cominuição, que é a divisão da rocha em etapas de britagem e moagem com diferentes moinhos. Na britagem, os blocos de rochas são reduzidos a fragmentos. Na moagem, os fragmentos são reduzidos à granulometria desejada: farelo, pó e filler, que é a mais fina e a mais cara (Lobato, 2016).

O processo de cominuição facilita a disponibilização de macro e micronutrientes, pois quando aplicado ao solo na forma de pó há aumento da superfície de contato das partículas com a água e, conseqüentemente, facilita a ação dos processos intempéricos (físicos, químicos e biológicos), aumentando a liberação de nutrientes. A liberação dos nutrientes da rede cristalina dos minerais ocorre pela ação de ácidos produzidos por plantas e microrganismos no solo

(Theodoro et al., 2010). O H^+ existente na água, exerce ação na quebra das ligações existentes entre os elementos químicos dos minerais.

Como vantagens da utilização do pó de rocha, destacam-se: fornecimento lento de nutrientes essenciais importantes para a nutrição mineral de plantas cultivadas, aumento da disponibilidade de nutrientes e conseqüentemente aumento de produção (biomassa); Aumento do pH; Aumento da atividade de microrganismos; Aumento da quantidade e da qualidade de húmus; Controle da erosão do solo devido ao melhor desenvolvimento das plantas cultivadas e ao aumento da matéria orgânica; Aumento da reserva nutricional; Aumento da resistência das plantas à ação de pragas, doenças, estímulos e geadas, devido à melhoria do estado nutricional; redução da dependência de fertilizantes minerais e defensivos, cuja produção exige elevado consumo de energia (Melamed et al., 2007).

Enquanto a aplicação de fertilizantes minerais solúveis de modo geral precisa ser parcelada, o que encarece o custo de produção do produtor, o remineralizador pode ser aplicado todo por ocasião do plantio da cultura, com efeitos de curto, médio e longo prazos (Lobato, 2016). Ainda, tem sido responsável por suprir a necessidade dos produtores de alimentos orgânicos, na agricultura, atendendo produtores e consumidores interessados no acesso a alimentos mais saudáveis e produzidos com menor impacto sobre o meio ambiente (Bergmann et al., 2014). Segundo Camargo et al. (2012), os remineralizadores podem fornecer apreciáveis quantidades de nutrientes às plantas. Com o tempo, aumentam a CTC do solo, diminuindo a lixiviação de nutrientes. Utilizando o fertilizante mineral solúvel, o produtor poderá aplicar até 6 ou 7 nutrientes no manejo da adubação de uma cultura. A título de exemplo, o basalto tem 108 elementos químicos e, desses, 42 são importantes para o metabolismo da planta. Dessa forma, a planta ficará mais resistente a pragas e doenças, por estar bem nutrida (Brugnera, 2012) e terá no solo à disposição maiores quantidades de elementos químicos como nutrientes. Incluir a remineralização nas práticas de manejo das culturas, pode ser estratégia para elevar a fertilidade do solo e torná-lo mais produtivo, possibilitando a redução do uso de fertilizantes minerais solúveis e dos riscos ambientais inerentes ao seu uso, e principalmente reduzir os custos de produção (Pádua, 2012), pois são mais econômicos que os adubos solúveis convencionais (Neto, 2024).

Resultados obtidos com o uso de pó de rocha por pesquisadores brasileiros atendem a dois requisitos importantes: a) produtividades compatíveis e, em muitos casos, superiores às obtidas com os fertilizantes solúveis; e b) custos de aquisição significativamente menores - cerca de 60 a 80% mais baratos do que os das fontes convencionais. No que se refere às várias pesquisas desenvolvidas no Brasil e no exterior, os resultados têm mostrado que a

remineralização dos solos, por meio da adição de macro e micronutrientes, derivados de rochas moídas, favorece produções compatíveis e equiparáveis àquelas obtidas com o uso dos fertilizantes solúveis (Theodoro, 2017).

2.4 BASALTO

Com relação às rochas existentes na região Sul do Brasil, há várias considerações, dentre as quais um tipo em especial, quanto à origem e qualidade, é muito importante. Nessa região houve extensos derrames de lavas de composição básica (teor de SiO₂ entre 45 e 52% do peso da rocha), sendo o basalto o constituinte predominante dessas rochas. Aproximadamente 50% da área de cada um dos três estados sulinos apresenta no basalto a principal rocha que recobre os sedimentos da Grande Bacia do Paraná. É, portanto, uma rocha abundante no Sul do país. A mineralogia dos basaltos é variável, porém basicamente é constituída de feldspatos cálcicos e piroxênios, minerais essenciais dessa rocha, além de outros minerais, em menores proporções (Neto, 2024).

O basalto é fonte importante de cálcio, magnésio, ferro, elementos químicos esses considerados nutrientes essenciais das plantas, abundantes nos minerais essenciais do basalto. Apresenta ainda teores variáveis de potássio e fósforo, com o fósforo geralmente apresentando-se com menores teores que o potássio, ambos em menores proporções que o cálcio, magnésio e ferro. Além desses, apresenta também micronutrientes. O silício, considerado elemento benéfico às plantas, encontra-se em elevadas quantidades em relação aos demais. Tais particularidades do basalto despertaram interesse em seu uso na rochagem. Inicialmente esse produto encontrava-se nas mineradoras como resíduo de mineração não aproveitável (pó). A partir da regulamentação dos remineralizadores, muitas empresas, registradas no MAPA, passaram também a britar rochas com a finalidade de comercialização junto aos produtores rurais (Neto, 2024). Martins et al. (2023) apontam os basaltos como as rochas mais utilizadas na comercialização de remineralizadores, no Brasil, em pesquisa efetuada em 34 mineradoras registradas como produtoras de remineralizadores, em setembro de 2022.

Segundo Alovisi *et al.* (2020) que efetuaram estudos sobre o pó de basalto com e sem adição de bioativos, sendo utilizadas doses de pó de basalto de 0, 2, 4, 8 e 16 Mg.ha⁻¹, foi possível comprovarem o aumento de teores de cátions (Mg e Ca) quando aplicados em Latossolos Vermelhos Distroférricos, atestando o pó de basalto como uma fonte alternativa de fertilizante.

2.5 A SOJA

A escolha da cultura da soja (*Glycine max*) para esta pesquisa deu-se por diversos fatores, dentre eles a elevada importância econômica e nutritiva que desempenha em nível global. *Glycine max* é uma planta da família Fabaceae, originária da China, sendo uma cultura de grande importância econômica e agrícola, sendo a principal fonte de proteína vegetal para consumo humano e animal (Hirakuri, 2014). No Brasil, a soja é uma das principais culturas agrícolas, especialmente nas regiões Centro-Oeste e Sul (EMBRAPA, 2020).

Considerando-se diversos aspectos alinhados aos objetivos deste estudo, o trabalho visa à avaliação da viabilidade de se implementarem grandes culturas em sistemas de cultivo mais resilientes, que apresentem maiores níveis de segurança a longo prazo. Através da sustentabilidade, busca-se alcançar a tão almejada segurança alimentar, um desafio que se torna cada vez mais complexo em virtude do crescimento contínuo da população mundial.

Segundo projeções da ONU (2019), a população mundial deve crescer em 2 bilhões de pessoas nos próximos 30 anos, passando dos atuais 7,7 bilhões de indivíduos para 9,7 bilhões em 2050. É imprescindível que a produção agrícola consiga elevar a sua produtividade para que consiga suprir a crescente demanda que será consequência desse crescimento populacional acelerado.

O crescimento populacional, bem como a demanda por alimentação reflete tanto de forma direta quanto indireta na demanda de grãos de soja tanto para alimentação humana quanto animal o que reflete no aumento da produção e da área cultivada da aleuro-oleaginosa no Brasil como mostra a tabela 2.

Tabela 2 – Série histórica da área plantada, produção e produtividade de soja (CONAB,2024).

Ano Agrícola	Área Plantada (mil/ha)	Produção (mil/t)	Produtividade (ton/ha)
2002/03	18.475,00	52.016,00	2.815,48
2003/04	21.376,00	49.792,00	2.329,34
2004/05	23.300,00	52.304,00	2.224,81
2005/06	22.750,00	55.027,00	2.416,77
2006/07	20.686,00	58.391,00	2.822,73
2007/08	21.314,00	60.018,00	2.815,90
2008/09	21.741,00	57.164,00	2.629,32
2009/10	23.466,00	68.688,00	2.927,13
2010/11	24.182,00	75.323,00	3.114,84
2011/12	25.043,00	66.385,00	2.650,84
2012/13	27.736,00	81.499,00	2.935,52

2013/14	30.173,00	86.122,00	2.854,27
2014/15	32.093,00	96.229,00	2.998,44
2015/16	33.229,00	95.574,00	2.876,22
2016/17	33.909,00	114.074,00	3.364,12
2017/18	35.151,00	119.281,00	3.393,39
2018/19	35.876,00	115.030,00	3.206,63
2019/20	36.948,00	124.845,00	3.378,94
2020/21	38.530,00	135.914,00	3.527,48
2021/22	41.452,00	125.552,30	3.028,86
2022/23	43.242,00	153.538,20	3.550,67

Fonte: Autor/2024.

O aumento considerável na área cultivada bem como na produtividade e produção da Fabácea resulta na maior demanda por fertilizantes, principalmente os fosfatados e potássicos, sendo a fertilização nitrogenada dispensada por conta da inoculação e da presença de organismos simbióticos como o *Bradyrhizobium japonicum* que tem potencial de fixação do nitrogênio atmosférico quando em associação com o sistema radicular de *G. max* (Michta et al, 2023).

2.6 PESQUISAS SOBRE O USO DE REMINERALIZADORES EM SOJA

Há crescente demanda por novas fontes de adubação que sejam mais resilientes, e promovam uma agricultura com maior sustentabilidade, o que vai na contramão da dependência de fertilizantes minerais, como mostra o Plano nacional de fertilizantes lançado em 2022.

Pesquisas como as desenvolvidas por Ribeiro (2023) mostram que a aplicação de doses de pó de rocha silicática em solos com características físico-químicas contrastantes, reduziu a acidez potencial ($H+Al$) e trocável (Al^{3+}), além de incrementar os atributos químicos pH, SB, V, P e Ca, em ambos os solos.

Para as condições avaliadas no estudo de Ribeiro (2023), concluiu-se que o pó de rocha silicática pode ser utilizado como material corretivo da acidez e remineralizador de solos, pois alterou positivamente os atributos químicos dos solos estudados, melhorando o ambiente radicular e aumentando a disponibilidade de nutrientes e silício para o crescimento e produção da cultura da soja.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), campus Curitibanos, está localizada nas coordenadas geográficas 27°17'05" S, 50°32'05" O, à altitude de 1.096 m. O clima da região segundo a classificação de Köppen é do tipo Cfb – subtropical úmido com verões amenos, com precipitação média anual em torno de 1.480 mm, temperatura máxima média de 22,0°C e mínima média de 12,4°C (Wrege et al., 2012).

Figura 2- Localização do município de Curitibanos 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

O experimento foi instalado e conduzido inicialmente em viveiro de sombreamento e posteriormente em casa de vegetação no Campus da Universidade Federal de Santa Catarina no *campus* de Curitibanos.

Como substrato foram utilizadas amostras superficiais (0-20 cm) coletadas de um Cambissolo Húmico Alumínico típico do campus CBS01 da UFSC de Curitibanos. Uma amostra desse solo foi encaminhada para análise química em laboratório credenciado na Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal (ROLAS) antes da implementação do experimento. A partir dos resultados da análise apresentados na tabela 3 as

dosagens de calcário e de fertilizante mineral solúvel foram baseadas nas orientações contidas no Manual de Calagem e Adubação para os Estados de SC e RS (CQFS, 2016).

Tabela 3 – Resultados da análise do Cambissolo Húmico.

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 Prof. Antônio Lunardi Neto.

Os dados da Tabela 3 demonstram pH abaixo dos níveis considerados ideais para a cultura da soja, alto teor de matéria orgânica no solo, baixos teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio e fósforo, baixa soma de bases (SB), baixa saturação por bases (V), alto teor de alumínio trocável (Al⁺³) e alta saturação por alumínio (m). O teor de 62% de argila, indica uma predominância considerável desse componente, caracterizando este solo como muito argiloso.

Procedeu-se o cálculo da necessidade e aplicação da calagem para todos os tratamentos com exceção da testemunha (solo sem tratamentos). O mesmo para adubação de correção mais manutenção recomendadas (CQFS,2016) para o tratamento com fertilizantes minerais. Utilizou-se como critério para a fertilização mineral nos solos tratados com doses diferentes de remineralizador a quantidade de P₂O₅ e de K₂O existentes no remineralizador apresentadas na tabela 4.

Tabela 4 - 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 particular.

Os dados do remineralizador apresentam teores elevados para cálcio e ferro, comuns em basaltos. Além disso, teores expressivos de magnésio e potássio, inclusive fósforo. A quantidade de SiO₂ enquadra a rocha como basalto, apesar de encontrar-se no limite para andesito. As quantidades de cálcio, magnésio e potássio qualificam a rocha como remineralizador pelos critérios atuais do MAPA.

Apesar de se conhecer que o processo de intemperismo químico (hidrólise) não libera imediatamente esses nutrientes, esse foi o critério utilizado para verificar-se a produtividade dos grãos pois não havia metodologia estabelecida para realizar-se este tipo de

experimento, sendo assim, esta metodologia foi implantada visando maior nível de semelhança em relação a uma aplicação em área de cultivo comercial de forma a diminuir-se a quantidade de fertilizantes com o aumento da dose do remineralizador. Dessa forma, o tratamento T3 (com 2,5 Mg ha⁻¹ de remineralizador) recebeu suplementação parcial de fósforo e potássio). Os tratamentos T4 e T5 (com doses de 5,0 Mg ha⁻¹ e 10 Mg ha⁻¹ de remineralizador) receberam suplementação apenas de fósforo, onde a liberação do potássio do remineralizador supriria a quantidade necessária para a manutenção da cultura. O tratamento T6 (20 Mg ha⁻¹ de remineralizador) não recebeu suplementação adicional nem de fósforo nem de potássio, levando-se em conta que a liberação da quantidade existente no remineralizador seria suficiente para a manutenção da cultura (esse foi o critério adotado, embora seja de conhecimento que a liberação é lenta ao longo do tempo).

Na fase de implementação do experimento o solo coletado foi adicionado a uma betoneira junto com os corretivos pertinentes a cada tratamento para realizar a distribuição mais homogênea possível no solo, dos corretivos, da cama de aviário e do remineralizador, sendo posteriormente acondicionado em vasos com diâmetro e altura de 20 cm, e levados para o viveiro de sombreamento.

O experimento foi conduzido inicialmente em viveiro com tela de sombreamento entre os meses de junho a novembro de 2022. Sobre os estrados foram acondicionados os 30 vasos contendo solos tratados com diferentes tratamentos, ficando sem cultivo por um período de seis meses. Esse período se fez necessário para que houvesse um maior tempo para a atuação microbiológica sobre o pó, tendo na cama de aviário presentes os micro-organismos promotores do aumento da atividade microbiana do solo, em tentativa de se acelerar o intemperismo químico do pó.

Após o período de incubação os vasos foram transportados para estufa, aplicando-se neles os tratamentos apresentados na tabela 5.

Tabela 5 - Descrição dos tratamentos aplicados no primeiro ano.

Tratamento	Composição
T1	Testemunha
T2	Calagem + PK
T3	Calagem + pó de basalto (2,5 Mg ha ⁻¹) + cama de aviário (3 Mg ha ⁻¹).
T4	Calagem + pó de basalto (5,0 Mg ha ⁻¹) + cama de aviário (3 Mg ha ⁻¹).
T5	Calagem + pó de basalto (10 Mg ha ⁻¹) + cama de aviário (3 Mg ha ⁻¹).
T6	Calagem + pó de basalto (20 Mg ha ⁻¹) + cama de aviário (3 Mg ha ⁻¹).

Fonte: Autor (2024).

O Delineamento experimental utilizado foi o Inteiramente Casualizado (DIC).

Figura 3 – Croqui relativo à disposição dos vasos no primeiro ano de experimento.

T5 R1	T6 R1	T6 R2	T6 R3	T1 R5	T2 R5
T4 R1	T2 R2	T5 R2	T1 R4	T3 R4	T5 R5
T3 R1	T3 R2	T1 R3	T4 R4	T6 R4	T3 R5
T2 R1	T1 R2	T2 R3	T5 R3	T5 R4	T4 R5
T1 R1	T4 R2	T4 R3	T3 R3	T2 R4	T6 R5

Fonte: Autor (2022).

Nos vasos foram colocadas duas sementes de soja da variedade BMX55I57 RSF IPRO (*Brasmax Zeus*). Após a germinação deixou-se somente uma planta por vaso. O solo dos vasos foi mantido aproximadamente na capacidade de campo, tanto no viveiro sombreado quanto na estufa, durante todo tempo, com duas irrigações manuais por semana. Efetuaram-se monitoramentos relativos à incidência de plantas daninhas, pragas e doenças. Quando necessário, efetuou-se o arranquio das espécies invasoras nos vasos. Em relação ao controle de pragas, fez-se necessária aplicação de inseticida sendo utilizado produto da classe dos organofosforados a saber: Acefato, que por conta de seu mecanismo de ação sistêmico que atua inibindo a acetilcolinesterase, que é responsável por degradar o neurotransmissor acetilcolina. Isso causa uma transmissão contínua e descontrolada de impulsos nervosos, levando à paralisia e morte do inseto. A colheita foi realizada após 128 dias após o plantio. Os grãos foram secos em estufa a 60 °C por 48 horas, resfriados em dessecador, determinadas suas massas e calculadas as produtividades dos diferentes tratamentos, as quais foram avaliadas por meio de análises estatísticas adequadas.

Ao realizar-se a coleta dos dados e as análises estatísticas pertinentes aos dados obtidos, evidenciou-se a necessidade de um tratamento adicional para a segunda safra, composto apenas por solo corrigido por meio de calagem. Sendo assim, após a colheita foram incluídos cinco novos vasos com o tratamento supracitado, reorganizando-se assim os tratamentos como descritos na tabela 6.

Tabela 6: Descrição dos tratamentos aplicados no segundo ano.

Tratamento	Composição
T1	Testemunha
T2	Calagem + PK
T3	Calagem + pó de basalto (2,5 Mg ha ⁻¹) + cama de aviário (3 Mg ha ⁻¹).
T4	Calagem + pó de basalto (5,0 Mg ha ⁻¹) + cama de aviário (3 Mg ha ⁻¹).
T5	Calagem + pó de basalto (10 Mg ha ⁻¹) + cama de aviário (3 Mg ha ⁻¹).
T6	Calagem + pó de basalto (20 Mg ha ⁻¹) + cama de aviário (3 Mg ha ⁻¹).
T7	Calagem.

Fonte: Autor (2024).

Sendo assim, houve alteração no croqui para o ano 2 como apresentado na figura 4.

Figura 4 – Croqui relativo à disposição dos vasos no segundo ano de experimento.

T4 R1	T6 R4	T4 R4	T7 R4	T2 R1	T1 R2	T7 R3	T1 R1	T6 R3
T6 R5	T5 R2	T3 R1	T4 R5	T3 R2	T5 R1	T6 R1	T1 R3	T2 R3
T4 R2	T7 R5	T5 R3	T2 R5	T7 R1	T5 R4	T1 R4	T5 R5	
T7R2	T3 R3	T3 R4	T2 R4	T6 R2	T2 R2	T1 R5	T3 R5	T4 R3

Fonte: Autor (2023).

Após a inclusão do tratamento 7 (calagem), procedeu-se ao segundo ano de cultivo seguindo-se as metodologias de condução do ano anterior onde nos vasos foram colocadas 2 sementes de soja da variedade BMX55I57 RSF IPRO (*Brasmax zeus*). Na soja, a escolha da Variedade 55I57 RSF IPRO justificou-se por ser essa uma das mais cultivadas na atualidade. Após a germinação deixou-se somente uma planta por vaso. Manteve-se o manejo de irrigação, bem como os manejos de plantas daninhas e pragas de maneira fidedigna a realizada durante o primeiro ano. A colheita foi realizada 118 dias após o plantio. Os grãos foram secos em estufa a 60 °C por 48 horas, resfriados em dessecador, determinadas suas massas e calculadas as produtividades dos diferentes tratamentos. Os resíduos da soja permaneceram sobre o solo.

Importante registrar que houve cultivo de aveia branca no inverno (dados de produtividade não mostrados neste trabalho), nos vasos, nos dois anos relativos ao experimento. A sistemática utilizada na condução do experimento foi a mesma da soja, com exceção do manejo da fertilização mineral, tendo sido efetuada somente adubação de manutenção na cultura da aveia, e, nessa, houve fertilização nitrogenada, a qual não foi aplicada na soja.

Utilizou-se o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) com cinco repetições e seis e sete tratamentos no primeiro e segundo ano, respectivamente. Nas análises estatísticas, empregou-se o teste de Kruskal-Wallis, e FDR, devido à variável peso não atender aos pressupostos necessários para a utilização confiável de modelos paramétricos lineares, como a Análise de Variância (ANOVA). Ao avaliar-se a normalidade da distribuição dos resíduos constataram-se fortes evidências para a rejeição da hipótese nula de que os resíduos da ANOVA para a variável apresentam distribuição normal e homoscedasticidade (pelo teste de Shapiro-Wilk obteve-se um p-valor de 0.6575, e a homogeneidade da variância dos resíduos pelo teste de Bartlett com p-valor obtido de 0.007407).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através dos dados estatísticos relativos à primeira safra da soja, observou-se que a soja apresentou diferença na mediana do peso dos grãos pelo teste de Kruskal-Wallis ao nível de 5% de significância. Consequentemente, pelo teste de False Discovery Rate (FDR) notou-se que os tratamentos T2, T3, T5 e T6 não apresentaram diferenças entre si e forneceram os melhores valores para o peso dos grãos.

Tabela 7. Estatística descritiva da média dos pesos dos grãos em gramas, número de vagens e de grãos coletados para o primeiro ano (safra 2022/23) de experimento.

Grão	Tratamento	Número médio de grãos	Número médio de vagens	Média peso(g)
Soja	T1 (Testemunha)	29,6	16,4	5,8
	T2 (C+ PK)	74,2	44,2	14,7
	T3 (C+PB(2,5 Mg ha ⁻¹)+CA)	64,2	36	13,4
	T4 (C+PB(5,0 Mg ha ⁻¹)+CA)	53	29	11,6
	T5 (C+PB(10,0 Mg ha ⁻¹)+CA)	53	28	12,1
	T6 (C+PB(20,0 Mg ha ⁻¹)+CA)	61,4	33,6	13,5

Fonte: Autor (2024).

C= calagem; PB= pó de basalto; CA= cama de aviário (3 Mg ha⁻¹).

Tabela 8. Estatística descritiva e Teste de FDR dos pesos dos grãos em gramas colhidos do cultivo da soja para o primeiro ano (Safra 2022/23) de experimento.

Grão	Tratamento	Média peso(g)	Mediana (g)	Produtividade Sacas/ha.
Soja	T1 (Testemunha)	5,8	6,1c	27,11 ¹
	T2 (C+ PK)	14,7	14,4a	63,99 ¹
	T3 (C+PB(2,5 Mg ha ⁻¹)+CA)	13,4	14,6ab	64,88 ¹
	T4 (C+PB(5,0 Mg ha ⁻¹)+CA)	11,6	11,6b	51,55 ¹
	T5 (C+PB(10,0 Mg ha ⁻¹)+CA)	12,1	13,0ab	57,77 ¹
	T6 (C+PB(20,0 Mg ha ⁻¹)+CA)	13,5	13,3ab	59,11 ¹

Fonte: Autor (2024).

*Obs.: As letras minúsculas diferentes indicam os tratamentos que se diferem dentro de cada grupo de cultivo ao nível de 5% de significância pelo teste de FDR.

1: produtividade estipulada considerando espaçamento de 45 cm entre linhas e população de 12 plantas por metro (26,66 plantas por m²).

C= calagem; PB= pó de basalto; CA= cama de aviário (3 Mg ha⁻¹).

Os resultados apresentados nas tabelas 7 e 8 indicaram, de modo geral, que houve produtividades semelhantes entre os diferentes tratamentos, à exceção da testemunha. Ou seja, os diferentes tratamentos apresentaram produtividades semelhantes, de modo geral, o que poderia levar a concluir-se que o pó de rocha foi suficiente para suprir a demanda de nutrientes para as culturas, pois produziu resultado semelhante ao tratamento que recebeu somente fertilização mineral. Porém, há algumas considerações a serem feitas com relação a esse aspecto. No decorrer dos experimentos existiram contratempos, de vez que não se efetuou o dessecamento no período da colheita e, devido às condições favoráveis de temperatura e umidade, houve o prolongamento do período produtivo, estendendo a colheita para 20 dias além do normal. Nesse caso, a produtividade aumentou.

Um fato importante a ser considerado refere-se à ausência de um tratamento apenas com calagem, o qual serviria de indicativo a respeito dos aspectos desses insumos aplicados no solo com relação às produtividades apresentadas pelas culturas utilizadas. Tal fato impossibilita sem aprofundar os estudos apresentar conclusões a respeito da produtividade de grãos apresentada no primeiro ano deste trabalho. Ou seja, as produtividades apresentadas pelas culturas foram preservadas pelo efeito da calagem no solo.

Nesse sentido, seguem algumas considerações a respeito dos benefícios da calagem e da adição de resíduos orgânicos animais ao solo com vistas à disponibilidade de nutrientes às plantas. De acordo com Ernani (2016), A correção do solo pela calagem fornece cálcio e magnésio, e eleva o valor do pH do solo, e, com isso, aumenta a atividade dos microrganismos, e, conseqüentemente, aumenta a mineralização da matéria orgânica do solo, aumentando a disponibilidade de nitrogênio, fósforo, enxofre e molibdênio. O aumento do pH do solo aumenta as cargas elétricas negativas do húmus, dos argilominerais, dos óxidos de ferro e de alumínio, componentes sólidos do solo existentes na fração argila. Dessa forma os cátions cálcio e magnésio existentes no calcário, após reação com a água, passam da solução do solo para as cargas negativas da fase sólida do solo, com o deslocamento de alumínio, o qual passa à solução do solo.

O solo do experimento, inicialmente com pH em água em torno de 4,0, foi corrigido para pH 6,0. A partir de pH 5,5 não há formas de Al tóxico às plantas no solo. Os ânions gerados

pela reação do calcário no solo, que são as hidroxilas e o bicarbonato (OH^- e HCO_3^-) combinam-se com o Al e formam precipitados na forma de $\text{Al}(\text{OH})_3$. Essas formas não são tóxicas às plantas. O aumento do pH do solo aumenta ainda a disponibilidade de fósforo às plantas, pois precipitados de fosfatos de ferro e fosfatos de alumínio, passam a ser dissolvidos com o aumento do pH, liberando o fósforo.

As OHs provenientes da reação do calcário com a água no solo competem, também, com os sítios de adsorção do fósforo no solo, onde o fósforo está ligado por adsorção química. Com o deslocamento do fósforo pelas OHs, há aumento do P na solução do solo. O aumento do pH do solo diminui a lixiviação de potássio e de amônio, cátions que irão para as cargas negativas da fração sólida do solo. Sem a presença de elementos químicos tóxicos no solo, consequência do aumento do pH a níveis ótimos, as plantas desenvolvem maior sistema radicular, aumentando a absorção de nutrientes, em especial fósforo e potássio. O aumento do pH aumenta também a disponibilidade de molibdênio. A fertilização orgânica com cama de aviário também aumenta a disponibilidade de macro e micronutrientes das plantas. Associada com a calagem, nota-se um benefício químico amplo no solo para as plantas, de modo geral. Esses efeitos benéficos da calagem e fertilização orgânica podem explicar os efeitos dos tratamentos diferentes com produtividades semelhantes (Neto, 2024).

No segundo ano de desenvolvimento do experimento foi implantado um tratamento com calcário, de forma isolada, para obter-se um comparativo na produtividade. Observou-se, para a variável avaliada (Tabelas 9 e 10), por meio do teste de hipótese não paramétrico de Kruskal-Wallis, um valor-p igual a 0.0004, menor que o nível de significância empregado ($\alpha = 0,05$). Assim, há evidências fortes o suficiente para a rejeição da hipótese nula de que as medianas dos tratamentos são estatisticamente iguais. Pelo menos a mediana de um dos grupos se difere estatisticamente das demais.

Tabela 9. Estatística descritiva da média dos pesos dos grãos em gramas, número de vagens e de grãos coletados para o segundo ano (safra 2023/24) de experimento.

Grão	Tratamento	Número médio de grãos	Número médio de vagens	Média peso(g)
	T1 (Testemunha)	38.2	15,8	9.7746
	T2 (C+ PK)	112.0	42.0	32.4631
Soja	T3 (C+PB(2,5 Mg ha ⁻¹)+CA)	105.4	40.8	29.3278
	T4 (C+PB(5,0 Mg ha ⁻¹)+CA)	99.2	37.2	27.8749

T5 (C+PB(10,0 Mg ha ⁻¹)+CA)	59.8	32.5	25.6369
T6 (C+PB(20,0 Mg ha ⁻¹)+CA)	67.2	25.2	19.7727
T7 (C)	75.2	32.4	17.8840

Fonte: Autor (2024).

C= calagem; PB= pó de basalto; CA= cama de aviário (3 Mg ha⁻¹).

Tabela 10. Estatística descritiva e teste de FDR dos pesos dos grãos em gramas colhidos do cultivo da soja para o segundo ano (Safrá 2023/24) de experimento.

Grão	Tratamento	Média peso(g)	Mediana (g)	Produtividade (Sacas/ ha)
Soja	T1 (Testemunha)	9.7746	9.7148d	43,17 ¹
	T2 (C+ PK)	32.4631	30.3152a	134,73 ¹
	T3 (C+PB(2,5 Mg ha ⁻¹)+CA)	29.3278	29.6024a	131,57 ¹
	T4 (C+PB(5,0 Mg ha ⁻¹)+CA)	27.8749	26.5888ab	118,17 ¹
	T5 (C+PB(10,0 Mg ha ⁻¹)+CA)	25.6369	29.0319ab	129,03 ¹
	T6 (C+PB(20,0 Mg ha ⁻¹)+CA)	19.7727	20.0038bc	88,90 ¹
	T7 (C)	17.8840	18.2288cd	81,28 ¹

Fonte: Autor (2024).

*Obs.: As letras minúsculas diferentes indicam os tratamentos que se diferem dentro de cada grupo de cultivo ao nível de 5% de significância pelo teste de ajuste de FDR (False Discovery Rate).

¹: produtividade estipulada considerando espaçamento de 45 cm entre linhas e população de 12 plantas por metro (26,66 plantas por m²).

C= calagem; PB= pó de basalto; CA= cama de aviário (3 Mg ha⁻¹).

Por meio da comparação entre os tratamentos, pelo teste de ajuste de FDR, notou-se que os tratamentos T2, T3, T4 e T5 não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si e forneceram os melhores valores para o peso dos grãos (Tabela 7). O T6 não diferiu dos tratamentos T4, T5 e T7, porém diferiu do T2 e T3. O tratamento somente com calcário não diferiu do tratamento com a maior dose de remineralizador (20 Mg ha⁻¹).

Neste trabalho, com relação ao segundo ano de cultivo com soja, os resultados de produtividade baseados nos valores da mediana apresentaram informações de produtividade igual entre o tratamento com fertilizantes minerais e os tratamentos com remineralizador que receberam aporte de fertilizantes minerais (T3 recebeu aporte suplementar de P e K. T4 e T5

receberam aporte suplementar de P). Já o T6, sem aporte de fertilizantes minerais, não apresentou produtividade igual ao T2, que recebeu somente fertilizantes minerais.

O método para quantificar a suplementação foi baseado no teor total de nutrientes presente nas quantidades de remineralizador aplicadas em cada tratamento, isso porque não há metodologia definida para este tipo de ação visto que ainda não se consegue quantificar a liberação de nutrientes em função de determinado período de tempo, sendo assim as adubações complementares tiveram como base o teor total de P_2O_5 e K_2O presentes nas diferentes dosagens de remineralizador de basalto com granulometria *filler*.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ficou evidente que o tratamento com a maior dose de remineralizador, ou seja, o T6 teve no segundo ano uma produtividade menor em detrimento dos demais tratamentos com uso de remineralizador. Nesse tratamento não houve aporte de fósforo e potássio. Além disso, o processo de peneiramento no tamanho *filler* que seleciona apenas partículas menores que 0,3 mm, com o tamanho de materiais como silte, areia fina e areia muito fina, por ter sido alterada totalmente a constituição física do solo acondicionado nos vasos por meio de seu revolvimento para incorporação dos tratamentos, pode ter contribuído para diminuir a macro porosidade do solo, dificultando o crescimento radicular.

Ao comparar os dados coletados nos dois anos de condução percebeu-se que o segundo ano apresentou um PMS estimado maior do que no primeiro ano o que pode se dar devido a diversos fatores dentre eles a absorção de elementos químicos liberados pelo remineralizador.

Para comprovar essa hipótese fica evidente a necessidade de análises que utilizem estratégias adicionais, a exemplo da Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES) ou Espectrometria de Fluorescência de Raios-X (XRF) para análises dos solos e plantas bem como a extração realizada durante o ciclo produtivo de *Glycine max* (Chaves et.al, 2010; Santos, 2018).

Atualmente o laboratório de análises da UFSC curitibanos não contém tais equipamentos, sendo necessárias parcerias para que se possam realizar essas análises, ficando assim como sugestão para futuras pesquisas ou até mesmo para complementação da pesquisa apresentada nesse trabalho de conclusão de curso, visto que se objetiva à condução do experimento, com os tratamentos utilizados, por vários anos, com a finalidade de serem geradas informações mais precisas a respeito do comportamento do uso de remineralizador de basalto, tanto de forma isolada quanto associado com doses menores de fertilizantes minerais solúveis, em comparação com culturas produzidas somente com o uso de fertilizantes minerais.

6 CONCLUSÕES

Na primeira safra de soja, basicamente não houve diferença de produtividade entre os tratamentos utilizados no experimento, tendo na calagem importante processo no fornecimento de nutrientes às plantas, devido aos efeitos nas modificações químicas que causa no solo.

No segundo ano não houve diferença entre as medianas dos pesos e conseqüentemente de produtividade nos tratamentos com fertilizantes minerais e aqueles com doses de 2,5 – 5,0 e 10 Mg ha⁻¹, os quais receberam suplementação parcial das necessidades de fósforo e potássio (T3) e de fósforo somente (T4 e T5).

O tratamento com 20 Mg ha⁻¹ de remineralizador de basalto apresentou mediana estatisticamente inferior ao tratamento com 2,5 Mg ha⁻¹ e ao tratamento com fertilizantes minerais. Apresentou, ainda, resultados que não diferiram dos tratamentos com 5,0 e 10,0 Mg ha⁻¹ de remineralizador, e do tratamento somente com calcário. Esse tratamento não recebeu suplementação de fósforo e potássio.

Os resultados de produtividade apresentados ainda não são conclusivos, e podem estar refletindo os efeitos químicos provenientes da correção do solo, fertilização orgânica e mineralização da matéria orgânica. A continuidade das pesquisas deverá apresentar maiores informações sobre a possibilidade do uso de remineralizador de basalto na produção da soja, associado ou não com fertilizantes minerais e seus efeitos.

REFERÊNCIAS

ALOVISI, Alves A. et al. Chemical properties of soils submitted to the application of a bioactivator and basalt and serpentinite powders. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, n. 10, p. 811-819, 2023.

BERGMANN, M. et al. Considerações sobre o potencial de uso agrônômico das rochas vulcânicas da Formação Serra Geral da Bacia do Paraná. In: HARTMANN, L.A.; SILVA, J. T. da; DONATO, M. (org.). *Tecnologia e Inovação em Gemas, Jóias e Mineração*. Porto Alegre: UFRGS, 2014, p. 119-126.

BRASIL. **Instrução 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/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumosagricolas/fertilizantes/legislacao/in-5-de-10-3-16-remineralizadores-e-substratos-paraplantas.pdf>. Acesso em: 20 de maio de 2022.

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/_Ato20112014/2013/Lei/L12890.htm#:~:text=%E2%80%9CDisp%C3%B5e%20sobre%20a%20inspe%C3%A7%C3%A3o%20e,%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAsncias.%E2%80%9D. Acesso em: 21 de maio de 2022.

BRASIL. **Plano Nacional de Fertilizantes**. Brasília: Governo Federal, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/planalto/pt-br/assuntos/assuntos-estrategicos/documentos/details-plano-nacional-fertilizantes>. Acesso em: 10 nov. 2024.

BRUGNERA, R. L. Avaliação do uso de pó de rocha basáltica como fertilizante alternativo na cultura da rúcula. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Faculdade Dinâmica das Cataratas, Foz do Iguaçu, 2012. Disponível em: <https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/adubacao/livros/AVALIACAO%20O%20USO%20DO%20PO%20DE%20ROCHA%20BASALTICA%20COMO%20FERTILIZANTE%20ALTRNATIVO%20NA%20CULTURA%20DA%20RUCULA.pdf>. Acesso em: 23 out. 2024.

CAMARGO, C. K. et al. Produtividade do morangueiro em função da adubação orgânica e com pó de basalto no plantio. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 33, n. 1, p. 2985-2994, setembro. 2012.

CHAVES, Eduardo S. et al. Metals and phosphorus determination in vegetable seeds used in the production of biodiesel by ICP OES and ICP-MS. **Microchemical Journal**, v. 96, n. 1, p. 71-76, 2010.

COLA, Geovana Poton Arcobeli; SIMÃO, João Batista Pavesi. Rochagem como forma alternativa de suplementação de potássio na agricultura agroecológica. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 4, p. 3, 2012.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <https://www.conab.gov.br> >. Acesso em: 19 dez 2022.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Base de Dados. Disponível em: <https://www.conab.gov.br> Acesso em: 21 out. 2024.

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.

SOUZA, Fred Newton Silva et al. **Efeitos condicionador e nutricional de um remineralizador de solos obtido de resíduos de mineração**. Agri-Environmental Sciences, v. 3, n. 1, p. 1-14, 2017.

DE CARVALHO, André Mundstock Xavier. Rochagem: um novo desafio para o manejo sustentável da fertilidade do solo. **SUSTENTABILIDADE E INOVAÇÕES NO CAMPO**, p. 117, 2013.

EMBRAPA. Tecnologias de Produção de Soja. Londrina: Embrapa Soja, 2020.

GLOBALFERT. **Outlook GlobalFert 2021**. 2021b. Disponível em: <https://www.globalfert.com.br/OGFposEvento/arquivo/Outlook-GlobalFert-2021.pdf>. Acesso em: 10 out. 2024.

HENSEL, Julius. *Pães de Pedra*. São Paulo: Editora José Olympio, 1958.

HENSEL, Julius. **Bread from stones: a new and rational system of land fertilization and physical regeneration**. AJ Tafel, 1894.

HIRAKURI, Marcelo Hiroshi; LAZZAROTTO, Joelsio José. O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ECONOMIA DA FUNDAMENTAÇÃO GETÚLIO VA RGAS (IBRE/FGV). Relatório sobre a contribuição da soja para o PIB brasileiro em 2023. Recuperado de <https://blogdoibre.fgv.br/posts/soja-deve-explicar-20-do-crescimento-do-pib-brasileiro-em-2023>. Acesso em: 28 out. 2024.

LINS, F. F. et al. Congresso Brasileiro de Rochagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 1., 2010, Planaltina, DF. **Anais** [...]. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010

LOBATO, B. **Normatização viabiliza produção de remineralizadores agrícolas**. Brasília, DF: EMBRAPA CERRADOS, 2016.

MARTINS, E. S.; RESENDE, A.V.; OLIVEIRA, C. G.; et al. Materiais silicáticos como fontes regionais de nutrientes e condicionadores de solos. In: FERNANDES, F. R.; LUZ, A. B.; CASTILHOS, Z. C. (Eds). **Agrominerais para o Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. 380p.

MARTINS, E. S. et al. **Produção Brasileira de Remineralizadores e Fertilizantes Naturais: 2019 a 2022**. 3. ed. Rio de Janeiro: Novo Solo. Associação Brasileira de produtores de remineralizadores de solo e fertilizantes naturais - ABREFEN, 2023.

MATTOS, T. de. et al. Uso de remineralizadores e seus aspectos legais envolvendo o código de mineração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 3., 2016, Brasília, DF. **Anais [...]**. Brasília, DF: instituição promotora do evento, 2016. p. 51-55.

MELAMED, R.; GASPAR, J. C.; MIEKELEY, N. Pó-de-rocha como fertilizante alternativo para sistemas de produção sustentáveis em solos tropicais. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007.

MELO, V. F. et al. Doses de basalto moído nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo distrófico da savana de Roraima. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 42, n. 4, p. 471-476, ago. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/aa/v42n4/a04v42n4.pdf>. Acesso em: 20 set. 2024.

MICHTA, Gabriel Henrique et al. Analysis of the importance of the inoculation technique in brazilian soybean crop. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, v. 21, n. 6, p. 5126-5150, 2023.

LUNARDI NETO, Antônio et al. Uso de remineralizador de basalto na produção de feijão, soja e aveia branca em sucessão. **AMBIENTES EM MOVIMENTO**, v. 4, n. 1, p. 63-78, 2024.

PÁDUA, E. J. Rochagem como adubação complementar para culturas oleaginosas. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

OLIVEIRA, João Bertoldo de. **Pedologia aplicada**. 4 ed. Piracicaba: FEALQ, 2011. 592 p

Organização das Nações Unidas (ONU).(2019). Disponível em <https://nacoesunidas.org/populacao-mundial-deve-chegar-a-97-bilhoes-de-pessoas-em-2050-diz-relatorio-da-onu/> Acesso em: 12 jun. 2024.

REETZ, Harold F. Fertilizantes e seu uso eficiente. **São Paulo: ANDA**, 2017.

RESENDE, A. V.; MACHADO, C. T. T.; MARTINS, E. S.; et al. **Rochas como fontes de potássio e outros nutrientes para culturas anuais**. Espaço & Geografia, 9: 135:161, 2006.

RIBEIRO, G. M. et al. Solubilização de fonolito, basalto e olivina melilitito em ácido cítrico de ácido acético. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 3., 2016, Lages, SC. **Anais [...]**, Lages, SC: Embrapa, 2016. p. 41-44.

RIBEIRO, Mariana Carvalho. Efeito residual da aplicação de pó de rocha silicática como fonte de silício e remineralizador de solos. 2023.

RODRIGUES, Gabriel de Oliveira. Análise do complexo soja no Brasil a partir de índices de desempenho no período de 2000 à 2020. 2023.

SANTOS, Lenio da Silva. Otimização dos procedimentos de extração e desempenho analítico da espectrometria de emissão ótica com plasma acoplado indutivamente na análise de amostras de solos. 2018.

THEODORO, S. H.; MARTINS, E. de S.; FERNANDES, M. M.; CARVALHO, A. M. X. de. II Congresso Brasileiro de Rochagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 2., 2013, Visconde do Rio Branco. **Anais** [...]. Poços de Caldas; Embrapa, 2013. p. 3-8.

Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/295099176_Anais_do_II_Congresso_Brasileiro_de_Rochagem_coletanea_de_varios_autores. Acesso em: 18 mai. 2024.

THEODORO, S. H. A Construção do Marco Legal dos Remineralizadores. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 3., 2017, Brasília, DF. **Anais** [...]. Brasília, DF:

Universidade de Brasília, 2017. p. 25-36. Disponível em:

<https://www.embrapa.br/documents/1354346/26325871/Livro+Congresso+de+rochagem+Formato+Web.pdf/29be78a9-dd7a-8050-5b31-2b02c583589e>. Acesso em: 17 mai. 2023.

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