



Foto: Gabriel Felip Gomes Olivo

Uso de remineralizador de basalto na produção de feijão, soja e aveia branca em sucessão

Uso de remineralizador de basalto na produção de feijão, soja e aveia branca em sucessão

Use of basalt remineralizer in the production of beans, soybeans and white oats in succession

Polvo de roca (basalto) en la producción de frijol, soja y avena blanca

LUNARDI NETO, Antônio ¹

OLIVEIRA, Heloisa Maria de ¹

CAMINERO, Arthur Gabriel Quadrado ²

KLEIN, Pedro Henrique ²

LOMPA, Fernando Jair ²

representando na safra 2022/2023 aproximadamente 860 mil hectares de área colhida. Para obter boas produtividades desses grãos são fundamentais, dentre outras, condições de manejo de solo adequadas, tendo na calagem e fertilização aspectos importantes. 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

RESUMO

As culturas de soja, feijão carioca e aveia branca são importantes no estado de Santa Catarina,

¹ Prof. Dr. do Departamento de Ciências Naturais e Sociais (CNS), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

² Cursando Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

e-mail: antonio.lunardi@ufsc.br



de tais insumos nos solos na produção agrícola. Nesse sentido, este trabalho teve por objetivo avaliar a produtividade de feijão, soja e aveia branca (essa em sucessão ao feijão e à soja) fertilizados com remineralizador de basalto (esses, associados ou não com fertilizantes minerais) em comparação com a produtividade desses grãos apresentada com fertilizantes minerais. O trabalho foi conduzido em estufas. Utilizou-se de amostras do horizonte superficial de um Cambissolo Húmico Alumínico típico para os experimentos (solo não cultivado), as quais foram submetidas a diferentes tratamentos com calagem, cama de aviário, fertilizantes minerais solúveis, e doses diferentes de remineralizador de basalto (2,5, 5, 10 e 20 ton ha⁻¹), nesse caso associado ou não com fertilizantes minerais. Utilizou-se o Planejamento Inteiramente Casualizado. Na primeira safra (2023), cultivaram-se feijão e soja no verão com sucessão de aveia branca no inverno. Os dados relativos às análises estatísticas para feijão e soja e aveia branca indicaram que no primeiro ano dos experimentos não houve diferenças nas produtividades entre os tratamentos com remineralizadores (associados ou não com fertilizantes minerais) e aqueles com fertilizantes minerais. No entanto, os resultados não são conclusivos e devem ser observados com cautela porque não houve um tratamento com calcário e cama de aviário de forma isolada, que serviria para comparar o efeito da calagem e da fertilização orgânica com os demais tratamentos.

Palavras-chave: Pó de rocha; basalto; remineralizador.

ABSTRACT

Soybean, carioca beans and white oat crops are important in the state of Santa Catarina, representing approximately 860 thousand hectares of harvested area in the 2022/2023 harvest. To obtain good productivity of these grains, adequate soil management conditions are essential, among others, with liming and fertilization important aspects to be considered. Most fertilizers sold in Brazil are imported, representing a considerable part of grain production costs. 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 the Santa Catarina region, and there is currently a mining company registered to sell this product in the state. But there is little research regarding the effects of using such inputs on soil in agricultural production. In this sense, this work aimed to evaluate the productivity of beans, soybeans and white oats (in succession to beans and soybeans) fertilized with basalt remineralizer (whether or not associated with mineral fertilizers) in comparison with the productivity of these grains. presented with mineral fertilizers. The work was conducted in greenhouses. Samples from the surface horizon of a Humic Cambisol were used for the experiments (uncultivated soil), which were subjected to different treatments with

liming, poultry litter, soluble mineral fertilizers, and different doses of basalt remineralizer (2.5, 5, 10 and 20 ton ha⁻¹), in this case associated or not with mineral fertilizers. Entirely Randomized Planning was used. In the first harvest (2023), beans and soybeans were grown in the summer with a succession of white oats in the winter. Data relating to statistical analyzes for beans and soybeans and white oats indicated that in the first year of the experiments there were no differences in productivity between treatments with remineralizers (associated or not with mineral fertilizers) and those with mineral fertilizers. However, the results are not conclusive and should be observed with caution because there was no treatment with limestone and poultry litter in isolation, which would serve to compare the effect of liming and organic fertilization with other treatments.

Keywords: Rock dust; basalt; remineralizer.

RESUMEN

Los cultivos de soja, frijol pinto y avena blanca son importantes en el estado de Santa Catarina, representando aproximadamente 860 mil hectáreas de área cosechada en la cosecha 2022/2023. Para obtener una buena productividad de estos granos, son esenciales condiciones adecuadas de manejo del suelo, entre otros, siendo aspectos importantes a considerar el encalado y la fertilización. La mayoría de los fertilizantes vendidos en Brasil

son importados y representan una parte considerable de los costos de producción de granos. Alternativamente, el uso de la roca en los suelos como fuente de nutrientes para las plantas viene creciendo en el país. El basalto es una roca abundante en la región de Santa Catarina y actualmente existe una empresa minera registrada para comercializar este producto en el estado. Pero hay poca investigación sobre los efectos del uso de tales insumos en el suelo en la producción agrícola. En este sentido, este trabajo tuvo como objetivo evaluar la productividad de frijol, soja y avena blanca (en sucesión de frijol y soja) fertilizados con remineralizador basáltico (asociado o no a fertilizantes minerales) en comparación con la productividad de estos granos presentados con fertilizantes minerales. El trabajo se realizó en invernaderos. Para los experimentos se utilizaron muestras del horizonte superficial de un Humic Cambisol (suelo no cultivado), las cuales fueron sometidas a diferentes tratamientos con encalado, paja de aves, fertilizantes minerales solubles y diferentes dosis de remineralizador de basalto (2,5, 5, 10 y 20 ton ha⁻¹), en este caso asociado o no a fertilizantes minerales. Se utilizó una planificación totalmente aleatoria. En la primera cosecha (2023), se cultivaron frijoles y soja en verano y una sucesión de avena blanca en invierno. Los datos relativos a los análisis estadísticos para frijol, soja y avena blanca indicaron que en el primer año de los experimentos no hubo diferencias en la

productividad entre los tratamientos con remineralizantes (asociados o no a fertilizantes minerales) y aquellos con fertilizantes minerales. Sin embargo, los resultados no son concluyentes y deben observarse con cautela porque no hubo ningún tratamiento con caliza y gallinaza de forma aislada, lo que serviría para comparar el efecto del encalado y la fertilización orgánica con otros tratamientos.

Palabras-clave: polvo de rocha; basalto; remineralizador.

Introdução

O estado de Santa Catarina (SC) apresenta no meio rural um cenário importante em nível nacional pela diversidade dos alimentos que produz. Dentre esses, o feijão, a soja e a aveia são culturas que se destacam pela importância nutricional que representam. O feijão é um alimento humano muito consumido, e possui elevado teor proteico. A soja é alimento com elevado teor proteico e, além da alimentação humana, também é muito utilizada na alimentação animal. A aveia apresenta várias aptidões, podendo ser utilizada como cobertura do solo, pastejo, produção de feno e grãos. Na alimentação humana, em especial, a aveia branca é importante pelas qualidades nutritivas que apresenta.

Produção e produtividade de soja, feijão e aveia branca em Santa Catarina

A seguir são apresentados alguns dados relacionados às produções, produtividades médias e áreas colhidas dessas culturas, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023). SC produziu 64.299 toneladas (ton) de feijão em 30.601 hectares (ha) e 51.188 ton em 28.354 ha, nas primeira e segunda safras de 2023, respectivamente, com rendimentos médios de 2.101 e 1.805 kg ha⁻¹. Com relação à soja, produziu 2.972.269 ton em uma área colhida de 775.849 ha, com rendimento médio de 3831 kg ha⁻¹. Por fim, a quantidade de aveia colhida na safra de 2023 foi de 43.329 ton em 24.975 ha, com produtividade média de 1.735 kg ha⁻¹.

A produção de alimentos necessita do aporte de insumos aos solos para adequadas colheitas. Os solos de SC, de modo geral, são fortemente ácidos, quimicamente deficientes em nutrientes essenciais às plantas. Nessa situação é comum também a existência de elementos químicos tóxicos às plantas cultivadas, a exemplo do alumínio. Para eliminação de formas tóxicas de elementos químicos e adequado suprimento de nutrientes, os solos necessitam de práticas adequadas de calagem e fertilização para adequada produção das plantas. As fertilizações minerais, que visam ao suprimento de elementos químicos necessários às plantas, quando deficientes nos solos, representam expressivas proporções no custo de produção

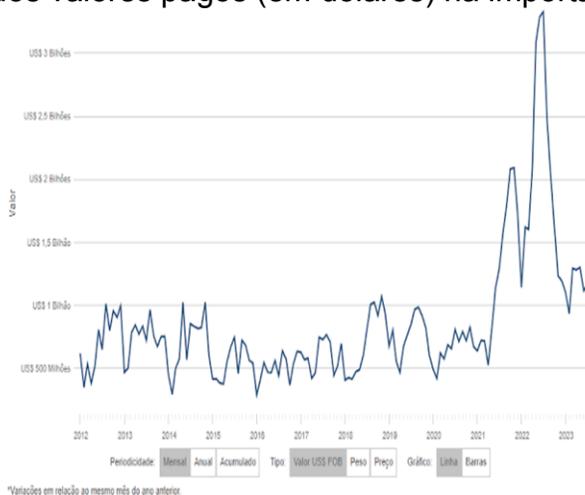
das culturas que produzem grãos. Um dos motivos para isso é a grande dependência externa do fornecimento desses insumos (custo elevado) devido às pequenas reservas de fosfato e de potássio atualmente conhecidas no país. Os fertilizantes nitrogenados representam também grandes volumes de importações. Esses produtos formam a base de fertilizações minerais dos solos brasileiros, associados com o calcário, o qual eleva o pH do solo, diminui ou elimina o alumínio trocável (tóxico, na forma Al^{+3}) para as plantas, e fornece cálcio e magnésio, dentre outros importantes aspectos que acontecem no solo relativos ao aumento do pH.

Fertilizantes minerais

Recentemente o Governo Federal instituiu o Plano Nacional de Fertilizantes e o Conselho

Nacional de Fertilizantes e Nutrição de Plantas, pelo Decreto Nº 10.991 de 11 de março de 2022 (DOU, 2022), com o principal objetivo de fortalecer e aumentar as políticas na competitividade da produção e distribuição de fertilizantes no Brasil de forma sustentável. Nesse mesmo ano, os valores desembolsados pelos importadores de fertilizantes minerais assumiram proporções enormes no Brasil, conforme visualiza-se na Figura 1. No ano de 2022 entraram aproximadamente 40 milhões de ton de fertilizantes minerais no país, ocupando economicamente o 1º lugar no *ranking* das importações totais daquele ano, com valores aproximados de US\$25 milhões (Comex Stat, 2023).

Figura 1 – Série histórica dos valores pagos (em dólares) na importação de fertilizantes minerais.



Fonte: Comex Stat (2023)

Rochagem

A prática do uso de rochas moídas aplicadas em solos com finalidades de serem

melhoradas suas particularidades, especialmente as químicas, não é recente, sendo exemplos comuns a calagem (uso de calcários/mármore moídos) e a fosfatagem

natural (uso de rochas moídas ricas em apatitas, mineral que contém fósforo). O livro de Julius Hensel (Hensel, 1894), publicado na Alemanha, e com tradução aproximada: “Pão de Pedras. Um Sistema Novo e Racional de Fertilização e Regeneração Física de Solos”, constitui-se em um marco histórico a respeito do tema rochagem (aplicação de rochas moídas ao solo), tendo inspirado em muitos países o uso de uma variedade de rochas moídas em solos, para além das convencionalmente utilizadas, como o calcário e os fosfatos naturais.

O Brasil vem avançando em estudos com pesquisas e utilização de pó de rocha em solos, tendo acontecido o I Congresso Brasileiro de Rochagem no ano de 2009, e o IV Congresso em 2021. A partir de 2016, pela Instrução Normativa 05, de 10 de março de 2016, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2016), foi regulamentado o termo “Remineralizador”, para rochas moídas que apresentem requisitos mínimos e máximos de elementos químicos e minerais, para serem comercializados como tal, além de outras particularidades inerentes ao tema. Os remineralizadores haviam sido incluídos na categoria de insumo destinado à agricultura pela Lei N° 12.890, de 10 de dezembro de 2013 (Brasil, 2013). Atualmente há 67 registros ativos de empresas produtoras de remineralizadores no Brasil, sendo 12 na região Sul, e 4 em SC (Brasil, 2023).

Basalto

Com relação às rochas existentes na região Sul do Brasil, há considerações várias, 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 a 52% do peso da rocha), predominantemente, sendo o basalto o constituinte predominante dessas rochas, por ocasião da ruptura do antigo supercontinente Gondwana. 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 quantidades. 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 outros 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 Ministério da Agricultura e Pecuária - MAPA, passaram também a britar rochas com a finalidade de comercialização junto aos produtores rurais. 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.

Considerações sobre a prática da rochagem

A rochagem deve levar em consideração alguns aspectos especiais. De modo geral, as rochas silicáticas moídas necessitam intemperizar a fração mineral existente na fração de tamanho cominuído para liberarem seus elementos químicos, os quais fazem parte da estrutura dos minerais constituintes da rocha. A partir de então os elementos químicos, liberados pela ação intempérica, intermediada pela água, podem ser aproveitados pelas plantas cultivadas. Naturalmente, o intemperismo é ação lenta. O intemperismo químico, embora lento, é tanto mais rápido quanto menor for o tamanho da partícula do remineralizador. Esse é um aspecto importante a observar-se por ocasião do uso de rochas moídas em solos. E resultados imediatos

com relação à liberação de nutrientes às plantas com o uso de pó de rochas geralmente são mais raros, embora existentes, necessitando, portanto, de períodos maiores quando a concepção é remineralizar os solos, como prática de fertilização natural. Isso também deve ser levado em consideração ao se utilizar de tal prática na agricultura. Manejos agronômicos associados à remineralização são importantes para mais rápido intemperismo dos remineralizadores. As adições de resíduos orgânicos nos solos favorecem o aumento da população microbiana do solo, a qual aumenta a quantidade de ácidos orgânicos liberados pelo seu metabolismo, que também podem atuar na aceleração do intemperismo do material.

Apesar de crescentes no país, as pesquisas com remineralizadores ainda são incipientes, e há ainda muitas perguntas a serem respondidas, as quais levam tempo, geralmente, devido às particularidades dos remineralizadores com relação à liberação dos elementos químicos existentes em seus minerais e que podem ser aproveitados pelas plantas cultivadas. Não há recomendações de pesquisas oficiais com relação às quantidades a serem utilizadas, por exemplo. Devido ao tempo maior envolvido no intemperismo dos remineralizadores, as pesquisas necessitam levar isso em consideração, sendo desenvolvidas em médio e longo prazos, para que sejam visualizados resultados mais condizentes com o efeito que

exercem nos cultivos. Talvez esse seja um dos fatores que as dificultam.

Outro fator a ser levado em consideração na prática da rochagem é a não isenção total dos fertilizantes minerais nas áreas de cultivo, associando-os com os remineralizadores, ou, de outra forma, associando-se o uso de remineralizadores com fertilizantes minerais. Essa prática possivelmente pode trazer resultados que permitam ao longo do tempo a diminuição das doses dos fertilizantes minerais, resultando em economia na produção. A associação da quantidade produzida na agricultura, com os custos relacionados à produção no item fertilizantes, pode indicar bons resultados econômicos, especialmente no cultivo de grãos (onde os custos dos fertilizantes minerais representam valores elevados) mesmo que a produtividade não alcance os tetos máximos das culturas.

Feitas essas considerações, nesta publicação houve a intenção de divulgar os resultados iniciais do uso de remineralizador de basalto, após o período de aproximadamente um ano e meio, na produtividade das culturas do feijoeiro, soja e aveia branca. A intenção final é colaborar para com o aporte de resultados com o uso desses insumos na produção agrícola, ao longo de vários anos.

Na atual pesquisa desenvolvida objetivou-se avaliar a produtividade de feijão e soja em cultivo de verão, e da aveia branca em sucessão ao cultivo de feijão e de soja, em cultivo de

inverno, em solo corrigido e fertilizado com cama de aviário e remineralizador de basalto associados ou não com fertilizantes minerais solúveis.

Material e Métodos

A pesquisa foi desenvolvida na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), no campus de Curitibanos, SC. Localiza-se à latitude 27°16'58" sul e à longitude 50°35'04" oeste, com altitude de 1040 m no local da sede da UFSC (Figura 2). As condições climáticas no município são do tipo Cfb, conforme a classificação de Köppen, e está inserido no Bioma Mata Atlântica, com vegetação de Floresta Ombrófila Mista.

Os dados da Tabela 1 apresentam elevado teor de matéria orgânica no solo, baixos teores de cálcio, magnésio, potássio e fósforo, baixa soma de bases, baixa saturação por bases, alto teor de alumínio e alta saturação por alumínio. A quantidade de argila é de 62 %, indicando um solo muito argiloso.

O solo preparado com os tratamentos foi transferido para vasos plásticos de 0,22 m de altura x 0,20 m de diâmetro, com 5 repetições para cada tratamento. Em seguida, foram levados e dispostos aleatoriamente numa bancada na casa de vegetação, com controle de temperatura e umidade do ar. Manteve-se a umidade do solo aproximadamente no estado de

capacidade de campo, com duas irrigações semanais

Figura 2 – Localização do município de Curitibaanos, SC, Brasil.



Tabela 1 – Dados analíticos do horizonte 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

O solo disposto nos vasos permaneceu durante 4 meses na casa de vegetação, sem cultivo, com a finalidade de acelerar o processo de intemperismo do pó de rocha, antes do cultivo,

pela ação de ácidos orgânicos produzidos na decomposição da cama de aviário pelos microrganismos, junto com a água.

Tabela 2 – Dados químicos 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 (2024)

No mês de outubro de 2022 semearam-se o feijão (cultivar carioca, de obtenção própria, cultivado em sistema de produção em horta

biodinâmica) e a soja (cultivar Zeus). Efetuou-se a fertilização mineral à base de cloreto de potássio (KCl) para suprir K e superfosfato triplo

(SFT) para suprir P na cultura da soja, por ocasião da semeadura. O mesmo procedimento para a cultura do feijão, com o acréscimo de nitrogênio (N). A expectativa de rendimentos das culturas consideradas foi de 3 ton ha⁻¹ (50 sacos de 60 kg ha⁻¹), com o estabelecimento das doses aplicadas de acordo com os resultados esperados.

Dadas as características do solo, muito ácido e dessaturado, nos tratamentos que receberam remineralizador, utilizou-se em acréscimo, doses de fertilizantes minerais (com exceção do tratamento que recebeu 20 ton ha⁻¹ de remineralizador). Como critério empregado para as doses dos fertilizantes minerais utilizados no experimento, levou-se em conta os teores de P₂O₅ e de K₂O existentes no remineralizador, considerando-se que os mesmos serão liberados totalmente ao longo do ciclo da cultura. Apesar do conhecimento de que essa liberação é mais lenta em solos, este foi o critério utilizado na pesquisa. A diferença do que havia na análise química desses nutrientes no remineralizador, e a dose necessária para as culturas, foi complementada com o SFT e o KCl. O feijão recebeu fertilização nitrogenada em todos os tratamentos, inclusive na testemunha, dividida em duas aplicações, uma na semeadura e outra aos 25 dias após a germinação.

Os tratamentos em ambas as culturas ficaram delimitados da seguinte forma: T1 = solo; T2 = solo corrigido e com cama de aviário +

fertilização mineral à base de P₂O₅ e K₂O (soja) e N (feijão); T3 = solo corrigido e com cama de aviário + 2,5 ton ha⁻¹ de remineralizador de basalto (RB) + complementação de fertilização mineral com P₂O₅ e K₂O; T4 = solo corrigido e com cama de aviário + 5,0 ton ha⁻¹ de RB + complementação de fertilização mineral com P₂O₅; T5 = solo corrigido e com cama de aviário + 10,0 ton ha⁻¹ de RB + complementação de fertilização mineral com P₂O₅; T6 = solo corrigido e com cama de aviário + 20,0 ton ha⁻¹ de RB. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado (DIC). As Figuras 3 e 4 apresentam o registro fotográfico dos experimentos na casa de vegetação.

Ao longo do desenvolvimento das culturas, efetuou-se o controle de ervas daninhas. Efetuaram-se diversas aplicações de inseticidas para controle da mosca branca, na soja, e, em maior intensidade, no feijoeiro. Conduziu-se o processo de colheita dos grãos. No mês de janeiro colheu-se o feijão e em fevereiro a soja. Os grãos colhidos foram submetidos ao processo de secagem em estufa à temperatura constante de 60° C durante 48 horas. Após resfriamento dos grãos em dessecador, foram obtidas as massas em balança analítica. Nessa etapa, encerrou-se o ciclo de verão do experimento, vindo a seguir a metodologia utilizada no ciclo sucessivo com cultura de inverno.

Figura 3 – Foto do experimento com soja.



Fonte: Arthur Gabriel Quadrado Caminero (2022)

Figura 4 – Foto do experimento com feijão.



Fonte: Arthur Gabriel Quadrado Caminero (2022)

Após as colheitas do feijão e da soja, os resíduos dessas culturas foram deixados sobre a superfície do solo dos vasos. Os resíduos da colheita do feijão foram escassos. Houve um espaço de tempo sem cultivo, onde irrigou-se ocasionalmente o solo nos vasos. Assim permaneceram de abril até maio, momento no qual semeou-se a aveia branca cultivar URS Corona, totalizando 60 vasos, sendo 30 relativos à cultura do feijoeiro e 30 relativos à cultura da soja, os quais foram cultivados no ano anterior (Figura 5).

Portanto, nesta segunda etapa do experimento, foram usados os mesmos vasos e

tratamentos no cultivo do feijão e da soja utilizados anteriormente ao plantio da aveia branca. As fertilizações minerais foram ajustadas para a aveia branca de acordo com CQFS (2016). A fertilização nitrogenada foi aplicada em todos os tratamentos. Colheu-se a aveia no mês de setembro de 2022. Os grãos foram secos em estufa a 60 °C durante 48 horas. Após o resfriamento em dessecador, foram submetidos à obtenção da massa em balança analítica.

Figura 5 – Foto do experimento com aveia branca.



Fonte: Pedro Guilherme Klein (2023)

Foram utilizados os testes não paramétricos para serem avaliadas as diferenças nos tratamentos dentro de cada grupo de cultivo de grão com ou sem o plantio de aveia através do teste de Kruskal-Wallis. Em seguida, se o teste de Kruskal-Wallis apresentou diferença com um nível de 5% de significância, foi realizado o teste de Tukey para identificar quais tratamentos diferem entre si ao nível de 5% de significância. Além disso, verificou-se através do teste de Mann-Whitney se as medianas dos pesos dos grãos diferiram com e sem o plantio da aveia para cada um dos tratamentos com um nível de 5% de significância.

Resultados e Discussão

Através dos dados estatísticos observou-se que não foi encontrada diferença na mediana da Aveia com sucessão à Soja pelo teste de Kruskal-Wallis ao nível de 5% de significância, como demonstra a Tabela 3. No entanto, no caso

da aveia branca cultivada em sucessão ao feijão, houve uma diferença na mediana do peso dos grãos através do teste de Kruskal-Wallis ao nível de 5% de significância. Em seguida, pelo teste de Tukey notou-se que os tratamentos T2, T3, T4 e T5 apresentaram os mesmos resultados e são melhores do que aqueles obtidos pelos tratamentos T1 e T6, sendo o T1 a testemunha e o T6 aquele com a maior dose de remineralizador (20 ton ha^{-1}), e sem fertilização mineral.

Para a soja observou-se diferença na mediana do peso dos grãos pelo teste de Kruskal-Wallis ao nível de 5% de significância. Conseqüentemente, pelo teste de Tukey notou-se que os tratamentos T2, T3, T5 e T6 não possuem diferenças entre si e fornecem os melhores valores para o peso dos grãos para a soja. Contudo, com a sucessão de aveia branca, esta não apresentou nenhuma diferença entre os tratamentos.

Tabela 3 – Estatística descritiva e Teste de Tukey dos pesos dos grãos em gramas colhidos do cultivo da soja, feijão e da aveia branca em sucessão à soja e ao feijão.

| Cultura | Tratamento | Média | Mediana | Desvio Padrão |
|----------------------------|------------|---------|---------|---------------|
| Feijão | T1 | 0,9 a | 0,9 | 0,6 |
| | T2 | 7,0 b | 6,2 | 1,6 |
| | T3 | 7,0 b | 6,5 | 1,5 |
| | T4 | 6,4 b | 7,7 | 2,2 |
| | T5 | 7,1 b | 6,5 | 1,4 |
| | T6 | 5,1 ab | 4,4 | 1,1 |
| Soja | T1 | 5,8 a | 6,1 | 1,74 |
| | T2 | 14,7 b | 14,4 | 1,4 |
| | T3 | 13,4 bc | 14,6 | 2,4 |
| | T4 | 11,6 c | 11,6 | 1,1 |
| | T5 | 12,1 bc | 13,0 | 3,4 |
| | T6 | 13,5 bc | 13,3 | 2,6 |
| Aveia (Sucessão ao Feijão) | T1 | 1,5 a | 1,6 | 0,5 |
| | T2 | 4,0 b | 3,8 | 0,9 |
| | T3 | 3,3 b | 3,4 | 0,5 |
| | T4 | 3,4 b | 3,0 | 1,0 |
| | T5 | 3,5 b | 3,0 | 0,7 |
| | T6 | 2,2 a | 2,1 | 0,7 |
| Aveia (Sucessão à Soja) | T1 | 3,8 a | 3,8 | 0,4 |
| | T2 | 4,0 a | 4,1 | 0,6 |
| | T3 | 4,0 a | 4,2 | 0,6 |
| | T4 | 3,0 a | 3,7 | 7,7 |
| | T5 | 3,5 a | 4,0 | 1,1 |
| | T6 | 4,3 a | 4,3 | 0,4 |

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 Tukey.

Os resultados indicam, de acordo com o que foi observado, de modo geral, que basicamente houve produtividades semelhantes

entre os diferentes tratamentos, à exceção das testemunhas, para as culturas de verão (soja, feijão) e de inverno (aveia branca). Ou seja, os



diferentes tratamentos apresentaram produtividades semelhantes, de modo geral, nas diferentes culturas, 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 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 contratemplos nas três culturas implantadas. Na cultura do feijoeiro houve ataque intenso da mosca branca. Aplicou-se inseticida por várias vezes ao longo do ciclo. Desse modo seu ciclo foi adiantado em aproximadamente 20 dias, prejudicando os dados de produtividade. Na cultura da soja aconteceu o contrário com relação ao ciclo, 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 30 dias além do normal. Nesse caso, a produtividade aumentou. Na cultura da aveia branca o ciclo foi antecipado em aproximadamente 30 dias, devido ao fotoperíodo alterado, com iluminação até às 23h00 na casa de vegetação. Tal fato ocorreu devido a ter sido implantado no local, após a semeadura da aveia, o cultivo de outra cultura, que necessitava de fotoperíodo longo na pesquisa, antecipando a colheita da aveia em aproximadamente 30 dias. Nesse caso, a produtividade foi diminuída.

Fato importante a ser considerado refere-se à ausência de um tratamento com solo corrigido e fertilizado com cama de aviário, o qual serviria de indicativo com relação aos aspectos desses insumos aplicados no solo com relação às produtividades apresentadas pelas culturas utilizadas. Tal fato gera incertezas nas conclusões a respeito da produtividade das culturas de grãos apresentadas neste trabalho. Ou seja, as produtividades apresentadas pelas culturas estariam sendo mantidas 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 altera o valor do pH do solo, aumentando-o, 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 esse reagir com a água, passa 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. Nas próximas etapas de desenvolvimento dos experimentos serão implantados tratamentos com calcário, de forma isolada, para obter-se um comparativo das produtividades nos diversos tratamentos.

Importante ressaltar-se que se objetiva a condução dos experimentos, 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.

Conclusões

Basicamente, os tratamentos com diferentes doses de remineralizador de basalto, associado ou não com os fertilizantes minerais, não diferiram dos tratamentos que receberam fertilização mineral, tanto para as culturas de verão (soja e feijão) quanto para a cultura de inverno (aveia branca).

Os resultados, porém, devem ser observados com cautela, pois o tratamento com calcário associado com fertilização orgânica não foi efetuado, o qual serviria para balizar o comportamento produtivo dos demais

tratamentos. Desse modo, os resultados apresentados neste trabalho não são conclusivos, pois esse tratamento, ausente na pesquisa, mas existente nos tratamentos utilizados, pode ter sido o responsável pela produtividade apresentada pelas culturas. Além disso, houve problemas na condução dos experimentos, sendo que as culturas do feijoeiro e da aveia branca foram colhidas antes do encerramento normal do ciclo, e a colheita da soja foi postergada.

Referências

BRASIL: Registros de remineralizadores no MAPA. Indicadores da agricultura. **SIPEAGRO – Fertilizantes**. Disponível em: <<https://mapa-indicadores.agricultura.gov.br/publico/extensions/Fertilizantes/Fertilizantes.html>>. Acesso em: 02 jul. 2024.

BRASIL: Lei Nº 12.890, de 10 de dezembro de 2013. **Câmara dos Deputados**, 2013. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Lei/L12890.htm. Acesso em: 29 set. 2023.

BRASIL. Instrução Normativa Nº 5, de 10 de março de 2016. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA)**, 2016. Disponível em: <https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/21393137/do1-2016-03-14-instrucao-normativa-n-5-de-10-de-marco-de-2016-21393106%C2%B4>.

COMEX STAT, 2023. Disponível em: <<http://comexstat.mdic.gov.br/pt/comex-vis>>. Acesso em: 29 set. 2023.

CQFS-SC/RS, Comissão de Química e Fertilidade do solo dos Estados do Rio Grande

Do Sul e de Santa Catarina. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul. 2016. 376p.

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO - DOU. **Decreto Nº 10.991, de 11 de março de 2022**, 2022. Disponível em: <<chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2022/decreto-10991-11-marco-2022-792368-normaatualizada-pe.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2023.

ERNANI, P. R. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes**. 2. ed. Lages: O Autor, 2016. 256 p.

HENSEL, J. **Bread from Stones: A New and Rational System of Land Fertilization and Physical Regeneration**. Philadelphia: A J Tafel, 1894.

IBGE. Banco de tabelas estatísticas. **IBGE**, 2023. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/santa-catarina>>. Acesso em: 29 set. 2023.

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.



Envie suas contribuições para as próximas edições!

e-mail: ram.cbs@contato.ufsc.br
<https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/am>

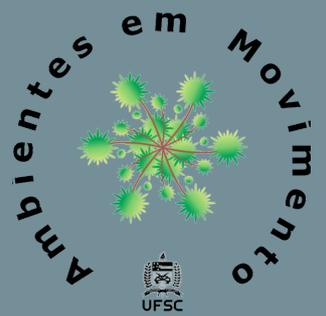


Foto: Adriele Nunes

Ambientes
em *Movimento*