



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS**

***CAMPUS* COLINAS DO TOCANTINS**

BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA

BOANERGIS ALVES FERREIRA FILHO

EFEITO DE DIFERENTES DOSES DE CALCÁRIO SOB CULTIVO DA SOJA

COLINAS DO TOCANTINS - TO

2024

BOANERGIS ALVES FERREIRA FILHO

EFEITO DE DIFERENTES DOSES DE CALCÁRIO SOB CULTIVO DA SOJA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso em Bacharelado em Engenharia Agrônômica, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins *Campus* Colinas do Tocantins, como exigência à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: D.Sc. Esdras Henrique da Silva

COLINAS DO TOCANTINS - TO

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

F478e Filho, Boanergis Alves Ferreira
EFEITO DE DIFERENTES DOSES DE CALCÁRIO SOB CULTIVO
DA SOJA / Boanergis Alves Ferreira Filho. – COLINAS DO TOCANTINS,
TO, 2024.
39 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia
Agrônoma) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Tocantins, Campus Colinas do Tocantins, COLINAS DO TOCANTINS, TO,
2024.

Orientador: Dr. Esdras Henrique Silva

1. Calagem. 2. Produtividade. 3. Atributos químicos. I. Silva, Esdras
Henrique. II. Título.

CDD 630

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e
pesquisa, desde que citada a fonte.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a)
autor(a).**

BOANERGIS ALVES FERREIRA FILHO

EFEITO DE DIFERENTES DOSES DE CALCÁRIO SOB CULTIVO DA SOJA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso Bacharelado em Engenharia Agrônômica da unidade *Campus* Colinas, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, como exigência à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Aprovado em: 20 de setembro de 2024

BANCA AVALIADORA

Prof.º: Dr Esdras Henrique da Silva
IFTO - Campus Colinas - TO.

Eng. Agrônomo Antônio Meldquide Almeida de Araujo
IFTO - Campus Colinas - TO.

M.S.c. Eduardo Costa Ribeiro
IFTO - Campus Colinas - TO.

Colinas do Tocantins - TO, 20 de setembro de 2024.



Documento assinado eletronicamente por **Esdras Henrique da Silva, Servidor**, em 03/10/2024, às 09:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Antonio Melquides Almeida de Araujo, Servidor**, em 03/10/2024, às 10:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Eduardo Castro Ribeiro, Servidor**, em 03/10/2024, às 14:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar, em primeiro lugar, minha profunda gratidão a Deus, que me guiou ao longo desta jornada, concedendo-me sabedoria, coragem e perseverança para chegar até aqui. Agradeço imensamente aos meus pais, que sempre me apoiaram, oferecendo os melhores conselhos e cuidando de mim durante todo o processo.

Sou profundamente grato ao meu Professor e Orientador, Esdras Henrique da Silva, pelos conhecimentos transmitidos e pela disposição em me auxiliar da melhor forma possível. Agradeço também aos meus amigos, que estiveram ao meu lado, me apoiando e ajudando em cada etapa da minha vida acadêmica.

Agradeço a minha namorada (Nathália) pelo o apoio e por sempre estar comigo.

Por fim, estendo meus agradecimentos a todos aqueles que, de forma direta ou indireta, contribuíram para o sucesso desta caminhada, mesmo que não tenham sido mencionados nominalmente.

DEDICATÓRIA

À minha família: Meus pais, Boanergis Alves,
Maria de Jesus, minha irmã Sarah Araújo e
namorada Nathália Barros

RESUMO

O método de saturação por bases para encontrar a quantidade de calcário por área embora seja amplamente utilizado apresenta limitações nas recomendações de calcário, especialmente em áreas recém-abertas para cultivo da soja. No Cerrado é comum a aplicação de altas doses de calcário na tentativa de maximizar a produtividade, mas ainda há incertezas quanto à eficiência desse método e até que ponto é realmente necessário aumentar a calagem para obter melhores resultados. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi estudar o comportamento da cultura da soja e os atributos químicos do solo quando submetidos a diferentes dosagens de calcário dolomítico. O experimento foi conduzido na fazenda experimental do Instituto Federal do Tocantins, localizada no *Campus* de Colinas do Tocantins. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC) composto por 5 tratamentos (dose 0, 2,5; 5; 7,5 e 10 toneladas de calcário por hectare) em 4 repetições, utilizando a variedade M 8606 i2x. As unidades experimentais foram dimensionadas com 3,0 metros de comprimento e 3 metros de largura, totalizando 9 m², nelas foram alocadas 5 linhas de plantio em um espaçamento entre linhas de 50 cm. Os dados foram submetidos a análises de variância e regressão, e as médias foram comparadas utilizando o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, por meio do programa estatístico SpeedStat versão 2.7 (Carvalho *et al.* 2020). Os resultados da avaliação indicam que a dose de controle e a recomendação padrão de correção por calagem não alcançaram a máxima eficiência nas variáveis analisadas para a cultura da soja, como produtividade, altura de plantas, peso de 1000 grãos, número de grãos por vagem e número de vagens por planta. No entanto, ao aumentar as doses para 7,5 e 10 toneladas por hectare, especialmente com a aplicação de 10 toneladas, observou-se um aumento significativo na produtividade, com a produção de aproximadamente 10 sacas de soja a mais em comparação com a dose de controle, além de grãos mais pesados em relação aos demais tratamentos. Além disso, houve melhorias expressivas nos atributos químicos do solo, como o aumento dos teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e da saturação por bases (V%), que passou de 52% para 63%, tornando o solo mais adequado para o cultivo da soja e favorecendo a disponibilização de fósforo (P).

Palavras-chave: Calagem. Produtividade. Atributos químicos.

ABSTRACT

The base saturation method to determine the amount of limestone per area, although widely used, has limitations in limestone recommendations, especially in areas recently opened for soybean cultivation. In the Cerrado, it is common to apply high doses of limestone in an attempt to maximize productivity, but there are still uncertainties regarding the efficiency of this method and to what extent it is really necessary to increase liming to obtain better results. Therefore, the objective of this study was to study the behavior of soybean crops and the chemical attributes of the soil when subjected to different doses of dolomitic limestone. The experiment was conducted at the experimental farm of the Instituto Federal do Tocantins, located on the Colinas do Tocantins *Campus*. The experimental design used was a randomized block design (DBC) composed of 5 treatments (doses 0, 2.5; 5; 7.5 and 10 tons of limestone per hectare) in 4 replicates, using the variety M 8606 i2x. The experimental units were sized with 3.0 meters in length and 3 meters in width, totaling 9 m², and 5 planting rows were allocated with a spacing between rows of 50 cm. The data were subjected to variance and regression analyses, and the means were compared using the Tukey test at the 5% probability level, using the statistical program SpeedStat version 2.7 (Carvalho *et al.* 2020). The results of the evaluation indicate that the control dose and the standard recommendation for liming correction did not achieve maximum efficiency in the variables analyzed for the soybean crop, such as productivity, plant height, weight of 1000 grains, number of grains per pod and number of pods per plant. However, when increasing the doses to 7.5 and 10 tons per hectare, especially with the application of 10 tons, a significant increase in productivity was observed, with the production of approximately 10 more bags of soybeans compared to the control dose, in addition to heavier grains compared to the other treatments. In addition, there were significant improvements in the chemical attributes of the soil, such as the increase in the levels of calcium (Ca), magnesium (Mg) and base saturation (V%), which went from 52% to 63%, making the soil more suitable for soybean cultivation and favoring the availability of phosphorus (P).

Keywords: Liming. Productivity. Chemical attributes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Precipitação ocorrida entre novembro de 2023 até maio de 2024.....	19
Figura 2. Produtividade da soja em sacas por hectare.....	24
Figura 3. Altura de plantas.....	25
Figura 4. Peso de mil grãos.....	26
Figura 5. Número de vagens por planta.....	27
Figura 6. Número Grãos por vargem.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Parâmetros químicos do solo da área experimental, coletados na profundidade de 0-20, 20-40 e 40-60 cm.....	20
Tabela 2. Atributos químicos das análises de solo.....	32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Cultura da soja	13
2.2 Acidez do solo	15
2.3 Correção da acidez do solo	16
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1 Localização da área experimental e implantação	19
3.2 Dessecação da soja.....	22
3.3 Avaliação da altura, fatores de produtividade e análise do solo.....	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1 Produtividade.....	23
5 COMPONENTES QUÍMICOS DA ANÁLISE DE SOLO	28
5.1 Produtividade.....	28
5.2 pH CaCl₂.....	28
5.3 Teor de cálcio no solo.....	29
5.4 Teor de magnésio	29
5.5 Saturação por bases.....	30
5.6 Teor de fósforo	30
5 CONCLUSÃO.....	32
REFERÊNCIAS	33
ANEXO A	37
ANEXO B.....	38
ANEXO C.....	39

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill), desempenha um papel crucial na agricultura brasileira, assumindo a posição da principal cultura plantada no país. Sua significativa importância econômica estimula uma busca constante por práticas agrícolas que promovam elevadas produtividades. As projeções para safra brasileira 2023/24 indicam um crescimento expressivo na área destinada à soja, com um aumento estimado de 2,3% em comparação à safra anterior, alcançando a marca de 45.008.600 milhões de hectares plantados. Porém, a produção também apresentou uma redução comparada à safra anterior, projetando-se para atingir 149 milhões de toneladas, o que representa uma redução de 3,4% em relação à safra 2022/23 (CONAB, 2024).

O Brasil desempenha um papel crucial na alimentação de grande parte da população mundial e possui um enorme potencial de crescimento na agricultura, isso por apresentar uma extensão territorial de 8.510.000 km², segundo IBGE (2014). De acordo com dados da FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura) será necessário aumentar a produção agrícola em 60% até 2050 para atender às necessidades de uma população global crescente e às demandas industriais.

Em regiões tropicais, é comum encontrar solos com acidez elevada, um fator limitante para o crescimento e a produção de diversas culturas economicamente relevantes como a soja. Além disso, a prática de cultivos sucessivos tende a resultar na diminuição da fertilidade do solo ao longo do tempo. Segundo Veronez *et al.* (2012), os solos tropicais são conhecidos por serem ácidos e tóxicos devido à deficiência dos nutrientes fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e micronutrientes, além da toxidez por alumínio (Al). A aplicação de corretivos da acidez é imprescindível para que os fertilizantes aplicados apresentem resultados satisfatórios (Malavolta, 1989).

A acidificação do solo ocorre quando as cargas negativas do solo são ocupadas por íons H⁺ e Al³⁺, resultando em um pH das camadas subsuperficial do solo inferior a 5,5 (Li *et al.* 2019). Esse fenômeno pode acontecer naturalmente devido ao desgaste do solo causado por fatores como chuvas, altas temperaturas e atividade de microrganismos, além da baixa composição nutricional do material de origem. No entanto, a prática agrícola pode intensificar esse processo, especialmente devido ao uso excessivo de fertilizantes nitrogenados e devido a extração de nutrientes do solo (Li *et al.* 2019). Com isso, aumentar o potencial produtivo das culturas por meio de adubações frequentes representa um desafio significativo devido à acidificação do solo (Meng *et al.* 2019).

Nas últimas décadas, tem sido aumentado o número de incentivos destinados ao estudo e avaliação dos solos do Cerrado sob o efeito da calagem. Esse manejo visa melhorar as respostas nutricionais dos solos. Pesquisas realizadas por Tucci *et al.* (2010), Bressan *et al.* (2013) e Jonathas (2023), destacam a importância da prática da calagem em solos, tanto para aumentar o fornecimento de cálcio e magnésio quanto para a acidez e reduzir o alumínio tóxico do solo, que contribui para o aumento da produtividade. O manejo do solo, que contribui para o aumento da no que se refere à sua correção e adubação é fundamentado para elevar os teores de nutrientes do solo pois em condições naturais, na maioria das vezes, se encontra em baixos níveis.

Atualmente, a prática de calagem está entre as diversas tecnologias acessíveis à agricultura, se destacando pelo seu potencial em proporcionar significativos retornos econômicos. Segundo Caires *et al.* (2004), a aplicação de calcário, conhecida como calagem, destaca-se como a estratégia mais eficaz para neutralizar a acidez, aumentar a disponibilidade de nutrientes e elevar a saturação por bases. Além de neutralizar a acidez, essa prática também fornece cálcio e magnésio nos quais são macronutrientes essenciais para as plantas (Raij, 2001), essa prática possui a capacidade de melhorar o ambiente radicular e restaurar a capacidade produtiva dos solos.

A superdosagem de calcário é uma técnica bastante adotada em solos de bioma cerrado, principalmente em áreas de abertura, que são áreas as quais não passaram por nenhuma correção. Esse processo é reconhecido como uma das maiores inovações da agricultura brasileira, viabilizando a exploração de terras antes tidas como improdutivas e transformando-as em importantes zonas produtoras de grãos, como por exemplo no Tocantins (Nahass., Severino, 2003).

Diante disso, o objetivo deste estudo foi investigar como diferentes doses de calcário aplicadas em áreas de abertura na cultura da soja influenciam sua produtividade e nos componentes químicos trabalhados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultura da soja

A soja é uma planta dicotiledônea pertencente à família Fabaceae, também conhecida como família das leguminosas. Originária das regiões subtropicais e tropicais da China, a soja foi domesticada e cultivada há milhares de anos neste país e em outras partes da Ásia Oriental, com o passar dos anos foi se expandindo para outros países (Missão, 2006).

Sobre sua morfologia seu sistema radicular consiste em uma raiz axial principal, na qual recebe o nome de pivotante e raízes secundárias, distribuídas em quatro ordens. No entanto, o sistema radicular é mais descrito como difuso devido ao desenvolvimento limitado da raiz principal. Nas raízes da planta podemos notar a presença de nódulos contendo bactérias simbióticas, como o *Bradyrhizobium japonicum*, que tem a capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico, contribuindo assim para o enriquecimento do solo em nutrientes essenciais para o crescimento da planta (Missão, 2006).

O caule da planta é definido como herbáceo, reto, com pelos e ramificado, com tamanho que varia entre 80 e 150 cm, dependendo da variedade e do tempo de exposição diário à luz. Seu crescimento começa logo após a germinação, partindo do eixo embrionário, no qual podemos observar atividades metabólicas. Sua terminação apresenta racemo, em variedades de crescimento determinado, ou sem racemo terminal, em variedades de crescimento indeterminado (Tejo, 2019).

As variedades de soja podem apresentar três tipos de crescimentos, os quais se referem ao desenvolvimento da haste principal e são divididos em: indeterminado, semi-determinado e determinado (Verneti, 1983). O tipo de crescimento mais abundante em solos brasileiros é do tipo indeterminado que após o florescimento a planta continua a produzir novos nós no caule, ela desenvolve vagens nas axilas das folhas e geralmente apresenta ausência ou poucas vagens no nó terminal.

O florescimento começa na parte inferior do caule, e as folhas presentes na ponta do caule são geralmente menores do que as do terço médio e inferior. As do tipo determinado se caracteriza pelo fato da planta não produzir mais nós no caule, após seu florescimento. Ela pode crescer em altura devido ao espaçamento entre os nós, no qual ela acaba se alongando. As primeiras flores aparecem na parte superior do terço médio do caule, enquanto as últimas surgem no terço inferior do caule. Já o tipo de crescimento semi-determinado possui um hábito de crescimento que se situa entre os dois extremos. Ela continua a crescer vegetativamente por um período após o início da floração, mas não tanto quanto as cultivares indeterminadas. Isso resulta em uma planta com altura intermediária e um período de enchimento de grãos mais equilibrado (Thomas, 2018).

Esta cultura é de extrema importância na economia global, desempenhando um papel essencial em diversos segmentos industriais. Seus grãos são bastantes utilizados pela agroindústria, sendo fundamentais na produção de óleo vegetal e na formulação de rações para animais, isso pelo fato de ser uma ótima fonte de proteína, contribuindo diretamente para a

segurança alimentar e o abastecimento de nutrientes essenciais para a criação animal e humana (Missão, 2006).

No Brasil, o cultivo inicial da soja foi relatado pela primeira vez em 1882, no estado da Bahia (Black, 2000). A presença dos programas de melhoramento da soja no Brasil foi essencial para expandir o cultivo para regiões de latitudes mais baixas, ou que apresentavam problemas com fotoperíodo diferente, por meio desse desenvolvimento de variedades mais adaptadas a essas condições, foi possível a cultura se expandir em regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste (Freitas e Márcio, 2011).

Na região Norte, o estado do Tocantins registra uma estimativa de produção de 4.5 milhões de toneladas na safra 2023/2024, uma redução de 4,9% comparada a safra 2022/2023 que teve como produção 4,8 milhões de toneladas (CONAB, 2024).

O sucesso na expansão do cultivo de soja no Brasil também foi impulsionado pelo desenvolvimento de variedades resistentes a várias doenças que afetam a cultura. Entre essas doenças, destacam-se a Mancha olho-de-rã (*Cercospora sojina*), que surgiu em 1980 e foi a primeira a causar perdas severas na soja; o Cancro-da-haste (*Diaporthe phaseolorum*); o Nematóide do Cisto da Soja (*Heterodera glycines*); e o Oídio (*Erysiphe diffusa*), que na década de 1990 resultaram em perdas significativas na produção. Essas variedades resistentes desempenharam um papel fundamental na proteção das plantações e na garantia da estabilidade da produção de soja no país (Picinini e Fernandes, 1998).

2.2 Acidez do solo

A acidez do solo representa um desafio significativo para a produção agrícola, além do hidrogênio livre na solução do solo pode haver a presença de hidrogênios (H^+) e alumínio (Al^{+3}) presos nas cargas do solo. O Al^{+3} é tóxico para as plantas e limita o crescimento das raízes. A presença de solos naturalmente ácidos é recorrente nas regiões tropicais, o que engloba as regiões produtora de grãos do Brasil (Fageria, 2001).

A acidez dos solos é resultado principalmente do intenso processo de desgaste que ocorre ao longo do tempo, chamado de intemperismo, que são as modificações físicas e químicas que as rochas sofrem ao longo do tempo. Esse processo faz com que os nutrientes essenciais para as plantas, como cálcio, magnésio, potássio sejam lavados do solo, deixando espaço para a presença de alumínio e hidrogênio não dissociados, o que acaba impactando na produção de diversas culturas (Raij, 2011).

Nos solos, encontramos dois tipos de acidez, a ativa e a potencial. A acidez ativa está relacionada com a concentração de íons de hidrogênio (H^+) presentes na solução do solo, enquanto a acidez potencial refere-se à quantidade de íons de H^+ e de alumínio (Al^{+3}) adsorvidos nos colóides do solo (Lepsch, 2011). Devido a esse fator quanto maior for a Capacidade de Troca de Cátions (CTC) do solo, maior será a quantidade de calcário necessária para substituir os íons anteriormente adsorvidos na superfície dos colóides e ocupar essas cargas com cátions básicos, como Ca^{2+} e Mg^{2+} (Raij, 2011).

A capacidade de troca de cátions (CTC) é uma medida crucial da capacidade de um solo em reter e fornecer nutrientes essenciais para as plantas. Ela representa a soma das cargas negativas presentes nas partículas microscópicas do solo, principalmente nas frações de argila e matéria orgânica. Os principais cátions retidos pelo solo incluem cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+), sódio (Na^+), alumínio (Al^{+3}) e hidrogênio (H^+). Cada um desses cátions desempenha papéis essenciais no metabolismo das plantas, desde a manutenção da estrutura celular até a regulação dos processos metabólicos (Claessen, 1997).

Em condições de pH baixo, a maioria dos nutrientes sofrem uma redução em sua disponibilidade devido à acidez do solo. Por isso, é essencial reduzir ou neutralizar essa acidez para aumentar a disponibilidade dos nutrientes. Isso permite que as plantas possam absorver os nutrientes de forma adequada, otimizando a eficiência dos fertilizantes aplicados. Ao melhorar a fertilidade do solo dessa maneira, é possível aumentar a produtividade das culturas (CQFS-RS/SC, 2016).

Uma propriedade do solo que está bastante relacionada ao pH é a saturação por bases (V%), que indica a porcentagem das cargas do solo que estão ocupadas por cátions básicos como Ca^{+2} , Mg^{+2} e K^+ . Esse índice é importante para determinar a necessidade de calagem pelo método de elevação da saturação por bases, que é utilizado para calcular a quantidade adequada de calcário necessária para corrigir a acidez do solo e aumentar a saturação por bases até um nível desejado, ou que eleve a saturação por bases a níveis recomendados para a cultura desejada (Lepsch, 2010).

2.3 Correção da acidez do solo

A eficácia de um corretivo está inteiramente ligada à sua qualidade, sendo crucial conhecer seu potencial agronômico para desenvolver recomendações precisas de aplicação, no qual irão assegurar a necessidade de cada cultura. No Brasil, o calcário é amplamente utilizado no meio agronômico como principal corretivo de acidez do solo, sendo obtido pela moagem de

rochas calcárias, sejam elas de origem sedimentar ou metamórfica. Os componentes primários responsáveis pela neutralização contidos nos calcários são o carbonato de cálcio (CaCO_3) e o carbonato de magnésio (MgCO_3), segundo Primavesi (2004).

Os calcários são classificados quanto ao seu teor de magnésio, se diferenciando entre:

- Calcíticos: 1% a 5% de MgO e 45% a 55% de CaO;
- Magnesianos: 5% a 12% de MgO e 40% a 42% de CaO;
- Dolomíticos: 13% a 21% de MgO e 25% a 35% de CaO.

O Ministério da Agricultura estabelece quatro faixas de PRNT para efeito de classificação e comercialização de calcário:

- Faixa A: com PRNT entre 45,0 e 60,0%;
- Faixa B: com PRNT entre 60,1 e 75,0%;
- Faixa C: com PRNT entre 75,1 e 90,0%;
- Faixa D: com PRNT maior que 90,0%.

Assim, para se corrigir a acidez do solo, deve-se usar menos calcário quanto maior for o seu PRNT. O poder relativo de neutralização total (PRNT) é uma medida importante usada para determinar a eficácia de um corretivo de solo, como o calcário. Ele é calculado a partir da combinação de dois fatores: o poder de neutralização (PN), que reflete as características químicas do corretivo, e a reatividade (RE), que está relacionada às suas características físicas. Esses valores são multiplicados e, em seguida, divididos por 100 para obter o PRNT final. Esse parâmetro é fundamental para definir a quantidade de calcário que deve ser aplicada ao solo para corrigir sua acidez (Brasil, 2006).

A calagem é uma prática essencial na agricultura, que aplica corretivos ao solo para neutralizar sua acidez e melhorar suas condições químicas. Isso ajusta o pH do solo para faixas ideais (geralmente entre 5,5 e 6,5), favorecendo o crescimento saudável das culturas permanentes e anuais. A correção da acidez assegura a disponibilidade de nutrientes essenciais, otimizando sua absorção pelas raízes e promovendo o desenvolvimento das plantas (Souza *et al.* 2007).

A decisão de realizar a calagem e o método de sua execução geralmente são baseados na sensibilidade da cultura ao pH do solo, a condição atual de acidez do solo e no sistema de produção que será implementado na área de interesse (CQFS-RS/SC, 2016).

Após a aplicação do calcário, o processo de neutralização da acidez do solo começa com a dissolução do carbonato de cálcio. Esse processo é desencadeado pela presença de dióxido de carbono na água presente no solo, na qual acaba formando ácido carbônico. O carbonato de

cálcio dissolvido reage com o ácido carbônico, liberando íons cálcio (Ca^{2+}) e bicarbonato (HCO_3^-). As hidroxilas (OH^-) produzidas durante a reação do carbonato de cálcio com a água reagem com os íons hidrogênio (H^+) presentes na solução do solo, resultando na formação de água (H_2O). Além disso, os íons bicarbonato (HCO_3^-) também reagem com os íons hidrogênio (H^+), resultando na liberação de dióxido de carbono (CO_2). O pH da solução do solo, quando alcança o equilíbrio com a acidez total, permite que a neutralização ocorra de forma gradual. Esse processo também afeta o alumínio trivalente trocável presente no solo, que é precipitado na forma de hidróxido de alumínio. Esse precipitado ajuda a aumentar o pH do solo e reduzir a atividade do alumínio, tornando o ambiente mais propício para o crescimento das plantas (Raij, 2011).

Além de ser usado como um corretivo de acidez do solo, o calcário também serve como fonte de dois macronutrientes secundários: cálcio e magnésio embora seja mais comumente empregado para aumentar o pH do solo, este insumo contém uma quantidade significativa desses dois elementos. Essa quantidade pode variar dependendo do tipo de mineral do qual o calcário foi originado, podendo ser Calcita, Magnesita ou Dolomita.

O cálcio (Ca) é um macronutriente catiônico de extrema importância para o desenvolvimento das plantas. Ele desempenha papéis cruciais em diversas etapas do ciclo de vida vegetal, incluindo a formação da parede celular, a germinação do grão de pólen e o crescimento do tubo polínico. Essas propriedades tornam o cálcio um elemento essencial para promover o crescimento saudável das plantas (White e Broadley, 2003). Em consequência de sua baixa mobilidade, os sintomas de deficiência de cálcio aparecem primeiro nas folhas e órgãos mais novos da planta, no qual observamos a formação de um aspecto gelatinoso, tanto nas folhas quanto nos frutos das plantas, esse aspecto recebe o nome de necrose. Na cultura da soja é um sintoma comum de vagens chochas (Malavolta, 2006).

A absorção de cálcio pelas plantas ocorre principalmente através do fenômeno conhecido como fluxo de massa, no qual o elemento se move juntamente com a água presente no solo. Essa movimentação é crucial para que o cálcio seja transportado até as raízes das plantas, onde é absorvido. De acordo com Quaggio (2000), é fundamental que o cálcio esteja bem distribuído ao longo do perfil do solo para garantir uma absorção mais eficiente por parte das plantas. Isso ressalta a importância da distribuição uniforme do cálcio no solo, pois influencia diretamente na disponibilidade desse nutriente para as plantas, afetando seu crescimento e desenvolvimento de forma positiva.

Já o magnésio é fundamental para o desenvolvimento das plantas, desempenhando um papel crucial em diversos processos químicos e fisiológicos. Ele é essencial na síntese de

proteínas, interage positivamente com o fósforo na armazenagem e transferência de energia, e é vital para a fotossíntese e a respiração celular (Malavolta *et al.* 1998). De maneira direta, o magnésio é o componente central da molécula de clorofila, devido a isso sua deficiência causa o amarelecimento entre as nervuras das folhas mais velhas, já que é considerado um elemento móvel.

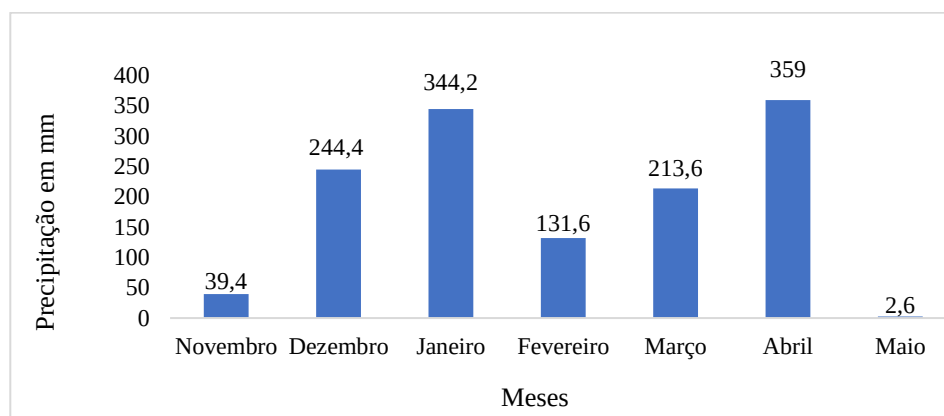
O magnésio é absorvido pelas plantas principalmente através do fluxo em massa, um processo altamente dependente da disponibilidade de água no solo e da transpiração das plantas. Ele é absorvido na forma de Mg^{2+} da solução do solo e transportado via xilema (Taiz, 2017).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da área experimental e implantação

O experimento foi conduzido na área experimental do *Campus* Colinas do Tocantins do Instituto Federal do Tocantins, localizado no município de Colinas do Tocantins, em uma área na qual possui as seguintes coordenadas: latitude de 08°03'33" S e uma longitude de 48°28'30" W, e uma elevação de 227 m. Esta região é classificada como um bioma de transição Cerrado-Amazônia, caracterizado por um clima predominantemente tropical úmido (Aw), de acordo com a classificação internacional de Köppen. O local apresenta uma precipitação média anual de 1.863 mm, durante o período de execução do experimento, as precipitações registradas são apresentadas na Figura 1. As temperaturas médias observadas foram de 26,63°C, com máxima de 36,6°C e mínima de 21,3°C.

Figura 1 - Precipitação ocorrida entre novembro de 2023 até maio de 2024



Fonte: Autoria própria

O experimento foi montado em um solo classificado como Neossolo Quartzarênico distrófico, de textura arenosa, possuindo 15% de argila (EMBRAPA, 2018). A área

experimental estava coberta por pastagem de *Brachiaria humidicola*. Esta área recebeu uma intervenção antrópica no ano de 2019, nesse ano houve uma adição de 2,5 toneladas de calcário dolomítico, 500 kg de gesso e 100 kg de supersimples.

Antes de realizar a implantação do experimento, a área foi submetida as coletas de amostras de solo para análise, utilizando um trado tipo sonda nas profundidades de 0-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm, os resultados forneceram conhecimento sobre as condições químicas e físicas do solo (tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros químicos do solo da área experimental, coletados nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm

Camadas	pH CaCl ₂	P meh	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC _t	M.O	V
	-	mg.dm ³							Dag.kg ⁻¹	%
Camada de 0-20	5,5	2,6	0,05	1,2	0,6	0	1,80	3,65	1,4	51
Camada de 20-40	5,3	2,2	0,05	0,9	0,4	0	1,80	3,15	1,2	43
Camada de 40-60	5,7	2,1	0,06	0,9	0,4	0	2,00	3,36	1,2	40

Análise Granulométrica

Argila	g.kg ⁻¹	150	150	150
Silte	g.kg ⁻¹	25	25	25
Areia	g.kg ⁻¹	825	825	825

No dia 18 de novembro do ano de 2023, foram realizadas as aplicações manuais das doses de calcário nas parcelas experimentais e em seguida foi dada duas gradagens com incorporação de até 20 centímetro com o propósito de incorporar e homogeneizar o calcário ao solo. Logo após aplicação do calcário foi realizada a adubação fosfatada com a aplicação de 100 kg de P₂O₅, para isso, foi usado uma dose correspondente a 195 kg.ha⁻¹ de superfosfato triplo que possui 44% de P₂O₅ e 12% de Cálcio.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), composto por 5 tratamentos (dose 0; dose 2,5; dose 5; dose 7,5 e dose 10 toneladas de calcário por hectare) em 4 repetições. As unidades experimentais foram dimensionadas com 3,0 metros de comprimento e 3 metros de largura, totalizando 9 m², onde foram alocadas 5 linhas de plantio em um espaçamento entre linhas de 50 cm. A área útil de cada unidade experimental consistiu-

se das 3 linhas centrais com 2 metros de comprimento, em cada parcela foi descontado da bordadura 0,50 m no início e no final das linhas.

O calcário dolomítico usado foi proveniente de uma empresa comercial localizada no município de Bandeirantes, que fica a 80 km de área experimental. Conforme análise fornecida pela empresa esse corretivo possui 31,7% de Óxido de cálcio, 19,9% de Óxido de magnésio e um poder relativo de neutralização total de 88%. A dose de 2,5 tonelada usada neste trabalho foi encontrada por meio do cálculo de elevação da saturação por bases (V%) da camada de 0-20 para 60%, considerada como adequada para a cultura da soja, conforme indicado pela recomendação de Rajj *et al.* (1997). Por meio da soma da dose de 2,5 toneladas se chegou as outras diferentes doses usadas no trabalho. A profundidade de incorporação foi de 20 centímetro, pois era o único equipamento disponível no momento para realizar a incorporação.

A cultivar selecionada para este estudo foi a M 8606 i2x, desenvolvida pela Monsoy, ela possui um ciclo de crescimento de 120 dias e um hábito de crescimento determinado, esta cultivar é especialmente recomendada para áreas de abertura, demonstrando uma excelente adaptação às condições do norte do Tocantins (grupo de maturação de 8.6). Além disso, destaca-se por sua resistência moderada à antracnose, mancha-alvo e macrofomina e resistente ao cancro-da-haste e ao cancro de talo. Quanto às exigências de fertilidade do solo a M 8606 i2x é indicada para solos de baixa ou média fertilidade e um alto potencial produtivo.

A semeadura do experimento ocorreu em 17 de dezembro de 2023. A abertura dos sulcos de plantio foi realizada manualmente utilizando um sulcador manual. A taxa de semeadura usada foi de 12 sementes por metro linear. Antes do plantio foi realizado o tratamento químico e biológico das sementes utilizando os seguintes produtos comerciais: Germinete® (fontes de molibdênio, cobalto, níquel e zinco), Standak Top® (fungicida e inseticida) e dois inoculantes biológicos Starfix® (*Bradyrhizobium Japonico*) e Lalriseazos® (*Azospirillum brasilense*). O tratamento de semente foi estabelecido seguindo orientações dos fabricantes de cada produto, todo esse processo foi executado em ambiente arejado, sombreado e úmido para não ocorrer redução da viabilidade dos produtos.

Como fonte de potássio foi usado o Cloreto de potássio, na dose de 193 kg/ha desse produto dividido em 3 aplicações; a primeira em V2, a segunda em V4 e a terceira em V6. Foi realizado aplicações de adubos foliares, como fonte de nutrientes, os produtos utilizados foram o Max K 400 (Potássio, Magnésio e Enxofre) e o Codamix TE 851 (Ferro, Manganês, Zinco, Cobre, Boro e Molibdênio), ambos produtos solúveis em água.

Para controle de doenças fúngicas foram feitas aplicações dos seguintes produtos comerciais, Evolution® (Mancozeb, Azoxistrobina e Protiocanazol), Blavit® (Fluxapiraxade e

Protioconazol) e o Ativum® (Triazol, Carboxamida e Estrobilurina), todas as pulverizações de fungicidas foram desenvolvidas em um intervalo de 15 dias de uma para outra, iniciando em V4 e finalizando em R4. Para controle de insetos indesejáveis na cultura da soja foram feitas 4 aplicações dos inseticidas Imidagold 700 WG (Imidacloprido) e o Talisman (Bifentrina e Carbossulfano). Já para o controle de plantas daninhas não foi realizada nenhuma aplicação de herbicida, o controle foi realizado mediante a capina manual.

Apesar de ter sido realizado o controle fitossanitário, as plantas foram acometidas pela antracnose (*Colletotrichum truncatum*) no estágio R5.5, apresentando alta severidade. A doença manifestou-se em ramos, folhas, frutos e inflorescências e lesões escuras.

3.2 Dessecação da soja

No momento em que a soja entrou em sua maturação fisiológica, identificada como estágio R7, caracterizado pela presença de pelo menos uma vagem madura na haste principal da planta, foi realizada a dessecação utilizando um dessecante à base do ingrediente ativo diquate, conhecido pelo seu nome comercial “SPRAYKILL”.

3.3 Avaliação da altura, fatores de produtividade e análise do solo

A variável altura das plantas foi coletada quando as plantas estavam no estágio R5, devido ao ciclo determinado, ou seja, encerrando seu crescimento a partir da floração ocorrida em R2. Para isso foram medidas dez plantas ao acaso dentro da parcela útil, sendo que a média de altura dessas dez plantas foi considerado, a alturas das plantas, para aferir a medida foi utilizado uma trena métrica de três metros. Foram avaliados também os componentes de produtividade como: número de vagens por planta, grãos por vagem, peso de mil grãos e peso total da área útil.

Para determinar o número médio de vagens por planta e grãos por vagem, foram realizadas medições em 7 plantas de cada tratamento, e o valor médio obtido foi considerado como o valor representativo da parcela. O peso de 1000 grãos foi calculado a partir da média de 4 repetições da parcela. A umidade dos grãos foi medida com o equipamento John Deere Moisture Check Plus Grain Moisture Tester SW08120. Para as variáveis de produtividade e peso de 1000 grãos, os cálculos consideraram uma umidade padrão de 13%. Os dados de produção da parcela útil de 3 metros quadrados foram extrapolados para um hectare para estimativa da produtividade da soja.

No mês de maio foram retiradas amostras de solo da camada de 0-20 cm para realizar análise do solo. Cada amostra composta de solo foi formada pela mistura de 4 amostras simples proveniente das quatro repetições de cada tratamento.

Os dados foram submetidos a análises de regressão, e as médias foram comparadas utilizando o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, por meio do programa estatístico SpeedStat versão 2.7 (Carvalho *et al.* 2020).

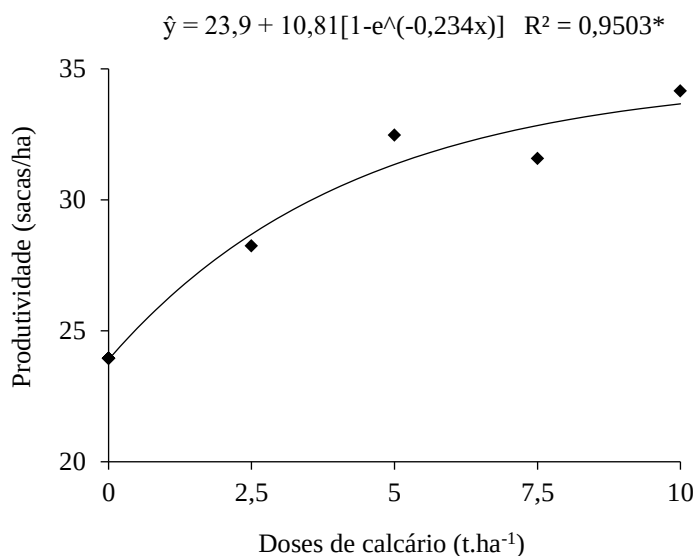
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Produtividade

Com relação a produtividade observa-se na Figura 2, incremento na produção da cultura da soja com a aplicação das doses crescentes de calcário. De acordo com a equação de regressão obtida, a produtividade que mais se destacou foi o tratamento dose 10 T (10 toneladas/ha), em relação aos demais tratamentos, na qual sua produção foi de 34,16 sacas/ha. A dose 10 T produziu em torno de 10,2 sacas de soja a mais em comparação ao tratamento dose 0 (sem adição de calcário). Já a dose 5 T (5 toneladas/ha) e a dose 7,5 T (7,5 toneladas/ha) produziu aproximadamente 8 sacas/ha a mais que o tratamento controle, demonstrando uma resposta positiva à calagem. A dose 2,5 T (2,5 toneladas/ha) não apresentou um retorno satisfatório na produtividade, indicando que essa quantidade é insuficiente para gerar um retorno considerável.

A calagem é um método de grande importância quando o objetivo é alcançar elevadas produtividades, pois este método proporciona melhorias nas condições do solo possibilitando melhores desenvolvimento da planta (Souza *et al.* 2007).

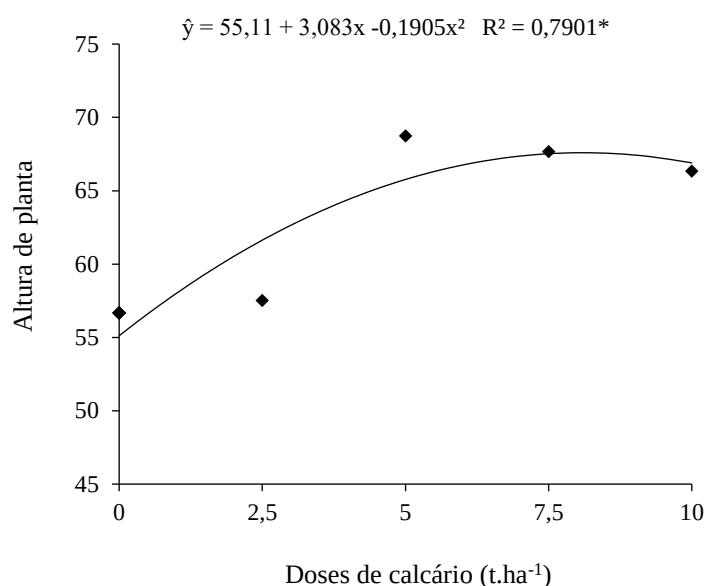
Figura 2 – Produtividade da soja em sacas por hectares submetidas a diferentes doses de calcário



Os resultados obtidos a partir da avaliação de altura de plantas são apresentados na Figura 3. Nota-se que a altura de plantas apresentou um comportamento quadrático em relação a dose dos corretivos na qual o tratamento dose 5 T gerou plantas mais altas (68,73 cm), seguida pelo tratamento dose 7,5 T (67 cm) e dose 10 T (66 cm). As menores plantas foram provenientes do tratamento dose 0 (57,8 cm), o que pode estar relacionado com a menor disponibilidade de cálcio, nutriente responsável pela formação da parede celular das plantas. Entretanto, a altura das plantas nem sempre está relacionada com a produtividade da soja. A relação em que plantas de soja mais altas são mais produtivas não se mostrou verdadeira neste estudo.

Segundo Klein *et al.* (2018), em um estudo com diferentes tipos de arranjos espaciais na soja, os autores observaram variações nas alturas das plantas. Porém, essas variações não influenciaram a produtividade, mas sim, na inserção da primeira vagem. Na soja plantas altas podem ser um sério problema, pois em algumas situações pode ocorrer o acamamento dessas plantas o que dificulta a colheita mecanizada e traz sérios prejuízos para o agricultor.

Figura 3 – Altura das plantas de soja submetidas a diferentes doses de calcário

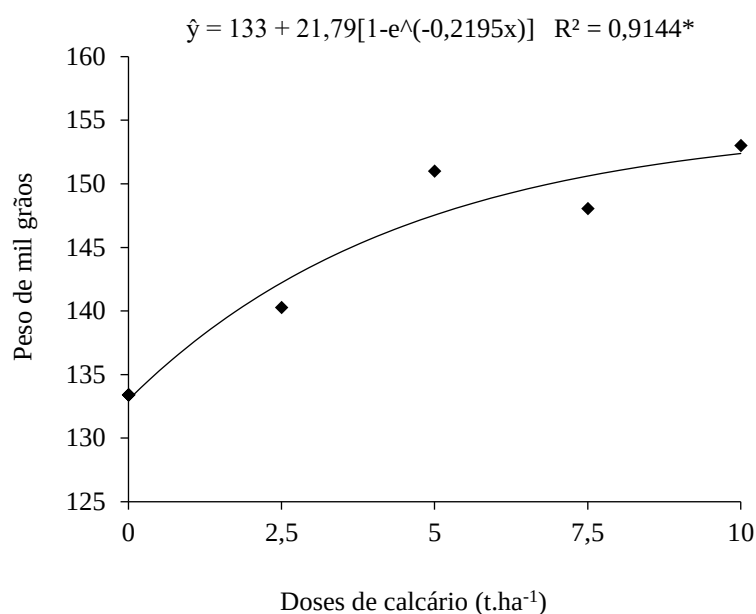


Os dados das médias de massa de mil grãos são apresentados na Figura 4. O tratamento dose 10 T apresenta o maior valor (153,02 g) para essa variável, esse valor ainda ficou abaixo do ideal considerado pela empresa portadora dos direitos de comercializar que estabelece 190 g como adequado. Porém, a dose 0 e a dose 2,5 T produziram grãos menos pesados quando comparado com os outros tratamentos. Observe-se que mesmo a dose de 2,5 toneladas de calcário (dose encontrada pelo cálculo de elevação da saturação por base) não é suficiente para aumentar o peso de mil grãos. De acordo com Soares (2016), a variável peso de mil grãos está mais relacionada aos fatores genéticos, ambientais e manejo adequado do solo.

Os resultados dessa variável assim como os outros resultados encontrados neste trabalho foram afetados pela presença da antracnose no final do ciclo da cultura da soja. Sendo uma das principais doenças fúngicas dessa cultura, ela possui uma severidade muito intensa na fase inicial de formação e enchimento das vagens, ou seja, de R5 até R7, especialmente sob condições de alta umidade, podendo causar o apodrecimento ou a abertura das vagens imaturas, bem como a germinação dos grãos em desenvolvimento (Meyer, 2007), esta doença pode diminuir até 70% da produtividade.

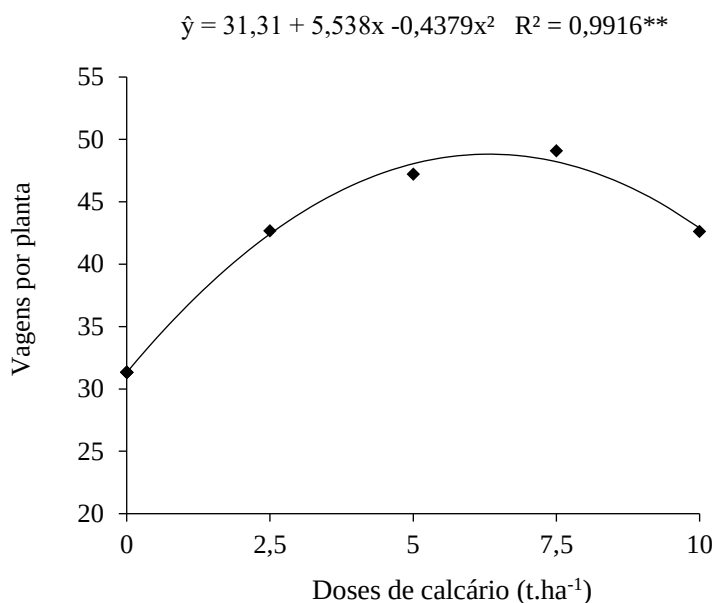
Neste trabalho as aplicações de fungicidas começaram em V4 e foram encerradas em R5, não sendo realizada uma aplicação adicional devido ao aparecimento de fitotoxidez nas aplicações anteriores. Devido a isso, a doença avançou severamente sobre o cultivo, sendo ainda mais impulsionada pelas altas precipitações ocorridas entre os estágios R5 e R6, período no qual houve uma precipitação total de 95 mm de chuva.

Figura 4 – Peso de mil grãos de soja submetidas a diferentes doses de calcário



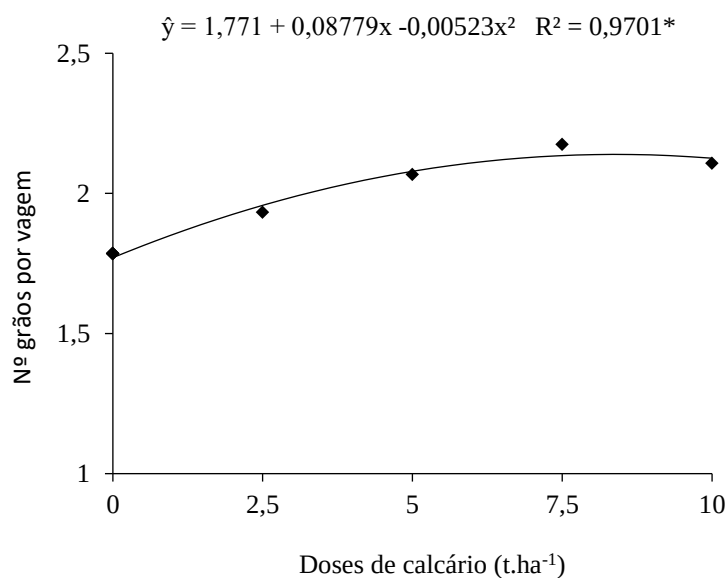
Ao avaliar a variável número de vagens por planta, observa-se uma resposta positiva em relação ao aumento das doses de calcário aplicadas ao solo. A aplicação de 7,5 toneladas de calcário resultou em um aumento de 60% no número de vagens, em comparação à ausência de calagem (Figura 5). Além disso, a adição de 2,5 toneladas de calcário promoveu um incremento de 48% no número de vagens por planta. Esses resultados evidenciam a importância da adição de calcário para aumentar a produtividade, possivelmente devido ao suprimento de cálcio, elemento essencial para os processos reprodutivos da planta. Adicionalmente, as plantas que não receberam calcário podem ter ficado mais suscetíveis ao ataque da antracnose, uma vez que o cálcio está associado à maior resistência a doenças, ao contribuir para a formação de uma parede celular mais rígida e robusta.

Figura 5 – Número de vagens por planta de soja submetidas a diferentes doses de calcário



Na Figura 6, são apresentados os dados relativos ao número de grãos por vagem. Observa-se um incremento na dose de 7,5 toneladas por hectare a qual teve o melhor desempenho com uma média de 2,18 grãos por vagem, enquanto a dose controle apresentou uma média de 1,79 grãos por vagem. Sabe-se que o número de grãos por vagem é altamente dependente do potencial genético da cultivar utilizada Yara Brasil (2024), uma vez que pode influenciar diretamente a morfologia da planta cultivada, neste trabalho, observou-se que a aplicação de calagem em doses crescentes resulta em um efeito quadrático sobre este parâmetro analisado.

Figura 6 – Número de grãos por vagem em plantas de soja submetidas a diferentes doses de calcário



5 COMPONENTES QUÍMICOS DA ANÁLISE DE SOLO

5.1 Atributos químicos

Os atributos químicos referentes aos cinco tratamentos são mostrados na tabela 2. A aplicação progressiva de calcário resultou na diminuição da acidez potencial do solo, além de ter proporcionado aumento nos valores de pH, nos teores de Ca e Mg e nos valores de saturação por bases (V%) na camada superficial de 0 a 20 cm. Porém mesmo com os aumentos desses parâmetros citados não foi constatado uma diferença significativa quanto a aplicação das diferentes doses de calcário nos atributos químicos do solo.

Como o calcário foi aplicado no dia onze de novembro de 2023 e as amostras de solo foram retiradas 195 dias depois da aplicação, da calagem até as coletas de solo para análise química contatou-se uma pluviosidade de 1.334 mm na área. Acredita-se que grande parte do calcário ainda não reagiu no solo, assim espera-se que ao longo do tempo ocorrerá mudanças nos atributos químicos analisados.

Segundo a literatura, o prazo teórico para a reação do calcário no solo é de aproximadamente três meses (Alcarde, 2005). Entretanto, essa reação é altamente influenciada por fatores como a umidade do solo, a composição química do calcário, seu poder de neutralização (PN) e a granulometria. De maneira geral, o calcário dolomítico, por conter maior teor de magnésio, tende a ter uma maior influência sobre a solubilidade, enquanto os calcários com elevado teor de cálcio, como o calcítico, apresentam uma solubilidade relativamente menor (Alcarde, 2005).

5.2 pH CaCl_2

O pH é um excelente indicador do impacto da calagem na neutralização da acidez do solo. Conforme observado na tabela 2, o uso de calcário dolomítico proporcionou aumentos lineares no pH em CaCl_2 , alcançando valores na faixa de 5,3 a 5,5. Segundo o gráfico de relação entre a disponibilidade de nutrientes e o pH do solo proposto por Malavolta (1979) Esses valores indicam que o pH do solo está dentro da faixa aceitável para o desenvolvimento de diversas culturas. A faixa indicada de pH para o desenvolvimento da maioria das plantas de interesse econômico é de 4,8 a 5,4, pois é neste intervalo que ocorre a maior disponibilidade de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K). A elevação do pH resultante da prática da calagem, além de reduzir os níveis de alumínio tóxico, aumenta a disponibilidade de alguns nutrientes. No entanto, quando o pH ultrapassa 7, a disponibilidade de outros nutrientes, como fósforo (P), zinco (Zn), cobre (Cu), manganês (Mn) e ferro (Fe), tendem a diminuir. Portanto, doses

excessivas de calcário podem levar a ocorrência de supercalagem, sendo importante realizar análises de solo sucessivas para monitorar esses níveis.

Segundo Caires *et al.* (2000), trabalhando com 4 doses de calcário aplicado na superfície do solo em sistema plantio direto, observaram uma redução na produção acumulada de soja ao longo de 3 safras quando utilizou a dose 6 T ha⁻¹ de calcário. Os autores atribuíram esses resultados à redução na absorção de Zn e Mn pelas plantas, causada pela diminuição da disponibilidade desses elementos na solução do solo em função do aumento do pH promovido pela calagem. Martins *et al.* (2015), observaram que a calagem elevou o pH e os teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg), além de reduzir os níveis de alumínio trocável e a acidez potencial nas áreas agrícolas.

5.3 Teor de cálcio no solo

O cálcio é o nutriente que normalmente é fornecido pela calagem, sendo influenciado pelos teores de Ca e Mg do corretivo aplicado, no qual temos dois tipos mais comercializados na agricultura que são o calcário calcítico e dolomítico. A fonte utilizada neste estudo é o dolomítico na qual apresenta 29% de CaO e 19% de MgO, esse fator foi responsável pelo aumento Ca no solo saindo 1,7 cmolc.dm⁻³ na dose controle, onde alcançou-se 2,0 cmolc.dm⁻³ na maior dose de calcário trabalhada no experimento. Bambolim *et al.* (2015), constataram que a aplicação de doses crescentes de calcário resultou em um incremento no teor de cálcio (Ca), no presente estudo, tendo sua maior concentração na dose de 10 t ha⁻¹ de calcário aplicada. Neste tratamento não se observa diferença significativa na produtividade com a elevação dos teores de Ca, isso se deve provavelmente pelo curto tempo de reação do calcário (seis meses da calagem até as amostragens do solo). Provavelmente 6 meses de reação seja insuficiente para detectar diferenças estatística entre os tratamentos. Resultados semelhantes são observados em vários estudos realizados (Pauletti *et al.* 2014).

5.4 Teor de magnésio

O magnésio é um nutriente fundamental para o metabolismo vegetal, desempenhando funções estruturais e metabólicas importantes. Como componente central da molécula de clorofila, o magnésio é fundamental para a fotossíntese e também ativa enzimas essenciais para a respiração e a síntese de ácidos nucleicos. Sua deficiência pode causar amarelecimento entre as nervuras das folhas mais velhas, devido à sua mobilidade dentro da planta e à importância para a manutenção da saúde vegetal (Lange *et al.* 2021). Assim como o cálcio, o magnésio

também é fornecido pelo calcário e pelo fato de o calcário dolomítico possuir maior quantidade de Mg (19% MgO) em sua composição que o calcítico (3% MgO) é importante que se faça uma boa interpretação na análise, pois pode influenciar na tomada de decisão. A aplicação de calcário dolomítico no presente trabalho elevou consideravelmente os teores de Mg do solo, saindo de uma concentração de $0,6 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ para $1,0 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$. Dados semelhantes foram constatados por Almeida (2013), ele trabalhou com doses crescentes de calcário dolomítico (PRNT 91%), em seu estudo observou-se uma concentração de Mg de $0,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na ausência de calagem para $0,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na dose recomendada de $1,3 \text{ t ha}^{-1}$ e $1,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na dose de $5,2 \text{ t.ha}^{-1}$ no solo após 5 meses de aplicação do corretivo.

5.5 Saturação por bases

Os valores da saturação por bases não apresentaram diferença estatística significativa. No entanto, podemos observar um incremento nas doses de calcário desenvolvidas no experimento. A dose controle apresentou uma saturação de 52%, que aumentou para 63% na dose de 10 t.ha^{-1} , conforme observado na Tabela 2. O resultado de V% é 63 de acordo com a EMBRAPA (1996), é adequado para a produção de soja, que requer uma saturação por bases de 60%. Resultados semelhantes foram observados por Marques (2017), que avaliou os atributos químicos do solo após a aplicação de calagem e não encontrou diferenças significativas ao comparar os resultados obtidos com diferentes doses de calcário. No experimento conduzido por Zambiasi Júnior (2016), ele demonstrou que, após dois anos, o efeito do calcário dolomítico foi evidente na camada de 0-20 cm, com uma maior saturação comparada aos meses anteriores. Essa tendência se deve à neutralização da acidez do solo, à redução do alumínio trocável e ao fornecimento de cátions básicos, como cálcio (Ca) e magnésio (Mg), ao solo.

5.6 Teor de fósforo

O fósforo é um nutriente crucial para o metabolismo das plantas, participando do transporte de energia celular, fotossíntese e respiração. Ele é um componente essencial dos ácidos nucleicos, fosfolipídios, fosfoproteínas e coenzimas (Melo, 2019). Na Tabela 2, podemos observar os teores de fósforo obtidos pelos diferentes tratamentos. A maior concentração foi encontrada no tratamento com a dose de 5 T, que apresentou um incremento de $1,8 \text{ mg}.\text{dm}^{-3}$ comparado à dose controle. Esses resultados são semelhantes aos de Carneiro *et al.* (2018), que também observaram um aumento nos teores de fósforo disponível no solo

com doses de calcário superiores às recomendadas, evidenciando que a calagem pode aumentar a capacidade do solo de disponibilizar fósforo (Dias *et al.* 2015). No entanto, nas doses de 7,5 T e 10 T, os teores de fósforo tendem a diminuir, apresentando uma redução de aproximadamente $1,1 \text{ mg.dm}^{-3}$. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Rodrighero *et al.* (2015), que observaram que o aumento das doses de calcário pode levar a uma redução na absorção de fósforo pelas plantas. Esse fenômeno pode ocorrer devido à precipitação de fosfatos com cálcio, como descrito por Furtini *et al.* (2004), que relataram que em regiões de Cerrado o aumento das doses de calcário pode precipitar o fósforo, além de potencialmente inibir a disponibilidade de micronutrientes. Portanto, observamos que o teor de fósforo no solo apresenta comportamentos distintos quando submetido a diferentes dosagens de calcário.

Tabela 2. Parâmetros químicos do solo referentes aos cinco tratamentos com diferentes doses de calcário

Determinação	Unidade	Anterior	Dose 0	Dose 2,5	Dose 5	Dose 7,5	Dose 10
pH CaCl ₂	-	5,5	5,3	5,4	5,4	5,4	5,5
P meh	mg.dm ⁻³	2,6	1,9	2,3	3,7	3,2	2,6
S-SO ₄ ²⁻	mg.dm ⁻³	9	6	5	6	5	6
K	cmol _c .dm ⁻³	0,05	0,10	0,09	0,08	0,09	0,10
Ca	cmol _c .dm ⁻³	1,2	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0
Mg	cmol _c .dm ⁻³	0,6	0,6	0,8	0,9	1,0	1,0
Al	cmol _c .dm ⁻³	0	0	0	0	0	0
H + Al	cmol _c .dm ⁻³	1,8	2,2	2,0	1,8	2,0	1,8
B	mg.dm ⁻³	0,12	0,23	0,21	0,17	0,19	0,15
Cu	mg.dm ⁻³	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3
Fe	mg.dm ⁻³	16	27	11	12	11	9
Mn	mg.dm ⁻³	0,5	0,8	0,3	0,4	0,3	0,3
Zn	mg.dm ⁻³	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4
SB	cmol _c .dm ⁻³	1,85	2,4	2,69	2,88	2,99	3,1
CTC _t	cmol _c .dm ⁻³	3,65	4,6	4,69	4,68	4,99	4,90
CTC _T	cmol _c .dm ⁻³	-	2,40	2,69	2,88	2,99	3,10
V	%	51	52	57	62	60	63
m	%	0	0	0	0	0	0
Ca/T	%	33	37	38	41	38	41
Mg/T	%	16	13	17	19	20	20
K/T	%	1	2	2	2	2	2
Ca/Mg	-	2	2,8	2,2	2,1	1,9	2,0
Ca/K	-	24	17,0	20,0	23,8	21,1	20,0
Mg/K	-	12	6,0	8,9	11,2	11,1	10,0

Amostra de solo coletado na profundidade de 0-20. Dose 0 – sem aplicação de calcário; dose 2,5 - aplicação de 2,5 toneladas por hectare; dose 5 - aplicação de 5 toneladas por hectare; dose 7,5 - aplicação 7,5 toneladas por hectare; dose 10 - aplicação de 10 toneladas por hectare

5 CONCLUSÃO

A calagem proporciona aumentos na produtividade da soja, além de melhorar os atributos químicos do solo. Neste trabalho observou-se um aumento no pH do solo, melhoria nos teores de cálcio e magnésio, elevação dos índices de saturação por bases (V%) e maior disponibilização de fósforo. Os resultados indicaram que doses baixas de calcário como 2,5 t.ha⁻¹ não há retorno significativo para área de primeiro ano de plantio da soja (áreas de

abertura). Pensando em elevadas produtividades e melhores condições químicas do solo, recomenda-se a aplicação de 10 t.ha⁻¹, garantindo uma reação crescente do calcário e benefícios adicionais ao solo ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS

- AGROADVANCE. **pH do solo e disponibilidade de nutrientes**. Disponível em: <https://agroadvance.com.br/blog-ph-do-solo-e-disponibilidade-de-nutrientes/>. Acesso em: 12 set. 2024.
- ALCARDE, J. C. **Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas**. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos, 2005.
- ALMEIDA, A. L. G. **Resposta de cultivares de Feijão-Caupi a calagem**. Tese (Doutorado), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, Jaboticabal, 2013.
- BAMBOLIM, A.; CAIONE, G.; SOUZA, N. F.; SEBEN-JUNIOR, G. F.; FERBONINK, G. F. Calcário líquido e calcário convencional na correção da acidez do solo. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 2, n. 3, 2015.
- BLACK, R. J. **Complexo soja: fundamentos, situação atual e perspectiva**. In: CÂMARA, G. M. S. (Ed.). Soja: tecnologia de produção II. Piracicaba: ESALQ, 2000.
- Brasil ganha 72 km² de território, anuncia o IBGE. **Agência Brasil**, Brasília, 22 mar. 2014. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2023-03/brasil-ganha-72-km2-de-territorio-anuncia-o-ibge>. Acesso em: 13 ago. 2024.
- BRASIL**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.º 35, de 4 de julho de 2006. Aprova as normas sobre especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos corretivos de acidez, de alcalinidade e de sodicidade e dos condicionadores de solo, destinados à agricultura. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-35-de-4-7-2006-corretivos.pdf/view>. Acesso em: 12 set. 2024.
- BRESSAN, S. B.; NÓBREGA, J. C.; NÓBREGA, R. S.; BARBOSA, R. S.; SOUSA, L. B. Plantas de cobertura e qualidade química de Latossolo Amarelo sob plantio direto no cerrado maranhense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 4, 2013.
- CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F. Absorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema de plantio direto em função da calagem na superfície. **Bragantia**, v. 59, 2000.
- CAIRES, E. F. *et al.* Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 1, fev. 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-06832004000100013>. Acesso em: 13 ago. 2024.

CARVALHO, A. M. X. *et al.* **Speed Stat**: a free, intuitive, and minimalist spreadsheet program for statistical analyses of experiments. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v. 20, n. 3, 2020.

CLAESSEN, M. E. C. *et al.* **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileiro – grãos: décimo levantamento, junho 2024 – safra 2023/2024. : Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2014. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 12 set. 2024.

CQFS-RS/SC, Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11ª ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, 2016.

CARNEIRO, J. S. S.; *et al.* Supercalagem: alterações em atributos químicos de um Latossolo Vermelho amarelo distrófico. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v. 16, n. 1, 2018.

DIAS, L. P. R.; *et al.* **Eficiência relativa de fosfatos naturais na adubação de plantio de mudas de Eucalyptus dunnii Maiden e Eucalyptus benthamii Maiden et Cambage em solo sem e com calagem**. *Ciência Florestal*, v. 25, 2015.

FREITAS, M. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, 2011.

FAGERIA, N.K. Efeito da calagem na produção de arroz, feijão, milho e soja em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 11, 2001.

FURTINI NETO, A. E.; TOKURA, A. M.; RESENDE, V. R. **Interpretação de análise de solo e manejo da adubação**. Lavras: Ed. UFLA, 2004.

KLEIN, Claudia *et al.* Desempenho agrônômico da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **ScientiaTec**, v. 5, n. 2, 2018.

LANGE, Anderson *et al.* Relações cálcio: magnésio e características químicas do solo sob cultivo de soja e milho. **Nativa**, v. 9, n. 3, 2021.

LEPSCH, I. F. **19 lições de pedologia**. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2010.

LI, Yuan *et al.* Liming effects on soil pH and crop yield depend on lime material type, application method and rate, and crop species: **a global meta-analysis**. *Journal of Soils and Sediments*, v. 19, 2019.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006.

MALAVOLTA, E.; NETTO, A.V. **Nutrição mineral, calagem, gessagem e adubação dos citros**. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989.

MALAVOLTA, E. ABC da adubação. 4. ed. São Paulo, Agronômica Ceres, 1979. 256p

MENG, C.; TIAN, D.; ZENG, H.; LI, Z.; YI, C.; NIU, S *et al.* Global soil acidification impacts on belowground processes. **Environmental Research Letters**, v.14, n.7, 2019.

MEYER, M. C.; KLEPKER, D. **Manejo da antracnose em soja**. 2007.

MISSÃO, M. R. Soja: origem, classificação, utilização e uma visão abrangente do mercado. Maringá Management: **Revista de Ciências Empresariais**, v. 3, n. 1. 2006.

NAHASS, S.; SEVERINO, J. **Calcário Agrícola no Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2003.

PAULETTI, V. *et al.* Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, 2014.

PICININI, E.C. & FERNANDES, J.M. **Doenças da soja: diagnose, epidemiologia e controle**. Passo Fundo, EMBRAPA-Trigo, 1998.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O. **Características de corretivos agrícolas**. Embrapa Pecuária Sudeste, 2004.

QUAGGIO, J.A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2000.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais**. Campinas, Instituto Agronômico, 2001.

RAIJ, B. Van. et al. Leguminosas e oleaginosas. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo, v. 2, p. 187-203, 1997.

RODRIGHERO, M. B.; BARTH, G.; CAIRES, E. F. Aplicação superficial de calcário com diferentes teores de magnésio e granulometrias em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, 2015.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., revista e ampliada. Brasília, DF: Embrapa, 2018. ISBN 978-85-7035-800-4.

SOARES, L. H. **Alterações fisiológicas e fenométricas na cultura de soja devido ao uso de lactofen, cinetina, ácido salicílico e boro**. 2016. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-29112016-123154/en.php>. Acesso em: 30 jul. 2024

SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. Fertilidade do solo. Viçosa, MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 1, 2007.

TAIZ, L. *et al.* Fisiologia e desenvolvimento vegetal. **Artmed Editora**, 2017.

TEJO, D. P.; FERNANDES, C. H. S.; BURATTO, J. S. Soja: fenologia, morfologia e fatores que interferem na produtividade. **Revista científica eletrônica de Agronomia da FAEF**, v. 35, n. 1, 2019.

THOMAS, A. L. **Soja: tipos de crescimento da planta**. 2018, Porto Alegre. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/183492/001079309.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 13, ago. 2024.

TUCCI, C. A. F.; LIMA, H. N.; GAMA, A. D. S.; COSTA, H. S.; SOUZA, P. A. D. Efeitos de doses crescentes de calcário em solo Latossolo Amarelo na produção de mudas de pau-de-balsa (*Ochroma lagopus* sw., bombacaceae). **Acta Amazonica**, v. 40, n. 3, 2010.

VAN RAIJ, B. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. International Plant Nutrition Institute, 2011.

VARGAS, G.; MARQUES, R. Crescimento e nutrição de angico e canafistula sob calagem e gessagem. **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017.

VERNETTI, F. de J. **Soja: genética e melhoramento**. Porto Alegre: Vieira Gravica e Editora, 1983.

VERONESE, M. *et al.* **Plantas de cobertura e calagem na implantação do sistema plantio direto**. Pesquisa agropecuária brasileira, v. 47, 2012.

WHITE, P.J.; BROADLEY, M.R. **Calcium in plants**. **Annals of Botany**, v.92, 2003.

YARA BRASIL. **Aumento na produtividade de grãos de soja**. Disponível em: <https://www.yarabrasil.com.br/conteudo-agronomico/blog/aumento-graos-soja/>. Acesso em: 12 set. 2024.

ZAMBIASI JÚNIOR, M. J. **Doses de calcários filler e efeitos na fertilidade do solo, desenvolvimento e produção da soja**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) — Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, 2016.

ANEXO A – Instalação do experimento com as devidas dosagens de calcário.



Fonte: Autoria própria

ANEXO B – Área destinada para as avaliações implantada.



Fonte: Autoria própria

ANEXO C – Dessecação da soja para realização das avaliações.



Fonte: Autoria própria