



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL

CAMPUS ERECHIM

CURSO DE AGRONOMIA

ASSUCENA DE PAULA RODRIGUES DA SILVA

**PRODUTIVIDADE DE MILHO EM UM LATOSSOLO SUBMETIDO A CALAGEM E
GESSAGEM**

ERECHIM

2023

ASSUCENA DE PAULA RODRIGUES DA SILVA

**PRODUTIVIDADE DE MILHO EM UM LATOSSOLO SUBMETIDO A CALAGEM E
GESSAGEM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr.: Alfredo Castamann

ERECHIM

2023

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Silva, Assucena de Paula Rodrigues da
PRODUTIVIDADE DE MILHO EM UM LATOSSOLO SUBMETIDO A
CALAGEM E GESSAGEM / Assucena de Paula Rodrigues da
Silva. -- 2023.
26 f.

Orientador: Professor. Dr: Alfredo Castamann

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Bacharelado em Agronomia, Erechim,RS, 2023.

1. milho, sulfato de cálcio, carbonato de cálcio,
acidez e alumínio trocável. I. Castamann, Alfredo,
orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III.
Título.

ASSUCENA DE PAULA RODRIGUES DA SILVA

PRODUTIVIDADE DE MILHO EM UM LATOSSOLO SUBMETIDO A CALAGEM E
GESSAGEM

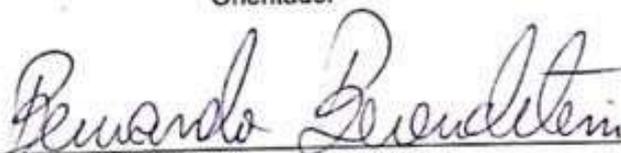
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:
13/11/23

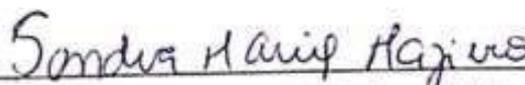
BANCA EXAMINADORA



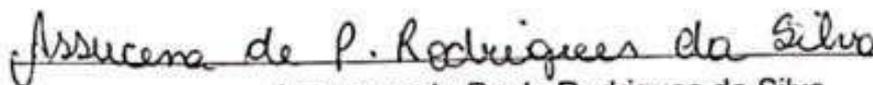
Prof. Dr.: Alfredo Castamann- UFFS
Orientador



Prof. Dr: Bernardo Berenchtein- UFFS
Examinador



Profª. Dra: Sandra Maria Mazieiro- UFFS
Examinador



Assucena de Paula Rodrigues da Silva
Discente

RESUMO

O presente trabalho consistiu na aplicação de sulfato de cálcio e do carbonato de cálcio em solo cultivado com a cultura do milho, com o objetivo de minimizar os efeitos de períodos de déficit hídrico a partir da melhoria de alguns atributos químicos do solo, em profundidade. A adoção de práticas que favoreçam o crescimento do sistema de raízes do milho em profundidade poderá melhorar o desempenho da cultura traduzido em maior rendimento de grãos por minimizar os efeitos de estresses abióticos. A calagem resulta na diminuição da acidez do solo, com conseqüente aumento no pH até um valor adequado para a cultura do milho expressar seu potencial de produtividade. A prática da gessagem contribui com a redução na saturação por alumínio e com o aumento na disponibilidade de cálcio e enxofre em profundidade, o que pode favorecer o crescimento das raízes e uma maior exploração do volume de solo, de forma a possibilitar às plantas uma maior disponibilidade de água e nutrientes. O experimento foi conduzido a campo no delineamento experimental em blocos casualizados com 6 tratamentos: T1: controle, sem aplicação; T2: 4 t/ha de calcário incorporado; T3: 3,2 t/ha de gesso em superfície; T4: 1 t/ha de calcário em superfície; T5: 1 t/ha de calcário + 3,2 t/ha de gesso, ambos em superfície; T6: 1 t/ha de calcário + 1,6 t/ha de gesso, ambos em superfície. Foram estabelecidos em 4 repetições. As unidades experimentais foram cultivadas com milho. Os dados estatísticos obtidos com as variáveis avaliadas foram submetidos a análise de variância com auxílio do software Sisvar e as médias comparadas pelos testes de Tukey. Não ocorreram efeitos dos tratamentos sobre a variável massa seca da folha índice, teores foliares de potássio, cálcio, magnésio e sobre a produtividade de grãos na cultura do milho. As práticas da calagem e da gessagem, nas condições em que foi realizado o experimento, não aumentaram o potencial de rendimento da cultura do milho, no primeiro cultivo após a implantação das práticas.

Palavras-chave: Milho. Sulfato de cálcio. Carbonato de cálcio. Alumínio. Calagem. Nutrientes.

ABSTRACT

The present work consisted of the application of calcium sulfate and calcium carbonate in soil cultivated with corn, with the aim of minimizing the effects of periods of water deficit by improving some chemical attributes of the soil, in depth. The adoption of practices that favor the growth of the corn root system in depth can improve crop performance, translated into greater grain yield by minimizing the effects of abiotic stresses. Liming results in a decrease in soil acidity, with a consequent increase in pH to a value suitable for the corn crop to express its productivity potential. The practice of plastering contributes to the reduction in aluminum saturation and the increase in the availability of calcium and sulfur at depth, which can favor root growth and greater exploitation of the soil volume, in order to allow plants to have greater availability of water and nutrients. The experiment was conducted in the field in a randomized block design with 6 treatments: T1: control, without application; T2: 4 t/ha of incorporated limestone; T3: 3.2 t/ha of plaster on surface; T4: 1 t/ha of limestone on the surface; T5: 1 t/ha of limestone + 3.2 t/ha of gypsum, both on the surface; T6: 1 t/ha of limestone + 1.6 t/ha of gypsum, both on the surface. They were established in 4 replications. The experimental units were cultivated with corn. The statistical data obtained with the variables evaluated were subjected to analysis of variance using the Sisvar software and the means were compared using Tukey's tests. There were no effects of the treatments on the variables dry mass of the index leaf, leaf contents of potassium, calcium, magnesium and on grain productivity in the corn crop. The liming and plastering practices, under the conditions under which the experiment was carried out, did not increase the yield potential of the corn crop, in the first cultivation after the implementation of the practices.

Keywords: Corn. Calcium sulfate. Calcium carbonate. Aluminum. Liming. Nutrients.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	6
1.1 TEMA.....	7
1.1.1 Problema	7
1.1.2 Hipótese	8
1.2.1 Objetivo Geral	8
1.3 JUSTIFICATIVA	8
2 REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1 CONSTITUIÇÃO DO SOLO.....	10
2.2 ACIDEZ E CALAGEM	11
2.3 CONTEXTUALIZAÇÕES DO USO DA CALAGEM E GESSO	12
3 METODOLOGIA	13
4 RESULTADOS E DISCUSÕES	16
5 CONCLUSÃO	22
CONSIDERAÇÕES FINAIS	22
REFERÊNCIAS	23

1 INTRODUÇÃO

O gesso vem sendo usado desde 1990 em sistema de plantio direto (SPD), com o objetivo de minimizar os problemas da acidez e reduzir os teores de alumínio (Al) trocável em solos. A ação do gesso sobre o alumínio (Al) é de precipitação em formas menos tóxicas, além de proporcionar aumento dos teores de cálcio (Ca^{+2}) e sulfato (SO_4^{2-}) em profundidade no solo. O ânion sulfato apresenta maior mobilidade no solo por ser repellido pelas cargas negativas das partículas, arrastando o cálcio como cátion acompanhante, dentre outros, como o magnésio e o potássio. Embora minimize os efeitos da acidez do solo, a ação do gesso não modifica os valores do pH. (ZANDONÁ; BEUTLER; BURG; BARRETO; SCHMIDT, 2015).

Culturas produtoras de grãos, como é o caso do milho, requerem condições adequadas de acidez, pois não toleram teores elevados de Al trocável (Al^{+3}). Assim, a correção de acidez com uso de carbonato de cálcio é muito importante, pois em solo menos ácido ocorrerá maior precipitação do Al^{+3} , além de aumentar a disponibilidade dos nutrientes e a absorção de N, P, K, Ca e Mg (TISSI; CAIRES; PAULETTI, 2004).

Os calcários são classificados em calcíticos, magnesianos e dolomíticos em função dos teores de óxido de magnésio (MgO). O mais empregado na correção da acidez do solo é o calcário dolomítico, que apresenta teores de MgO compreendidos em 13 a 21%, além dos seu conteúdo em óxido de cálcio (CaO) que pode variar de (25 a 35%). A ação neutralizante do calcário ocorrerá em função da formação de oxidrilas (OH^-) a partir da solubilização dos carbonatos de cálcio e magnésio (EMBRAPA, 2004).

O gesso agrícola é um subproduto da indústria de fertilizantes que contém 15% de enxofre (S) e 19% de Ca, na forma de sulfato de cálcio (CaSO_4). Pode ser aplicado em solos deficientes de cálcio e que apresentem teores de Al^{+3} que limitam o crescimento das raízes das plantas. A maior mobilidade do sulfato até as camadas mais profundas, onde a ação do calcário não ocorre, promove aumento na disponibilidade de enxofre e cálcio em profundidade, o que permite que as raízes das culturas encontrem condições mais favoráveis para se estabelecer (COSTA; CASTRO; FERRARI NETO; GUIMARÃES, 2015).

A correção de solo e o uso adequado dos recursos naturais associado ao manejo da área e da cultura, pode resultar em benefícios para os cultivos de milho, tanto quando estabelecido em época normal, quanto quando estabelecido na época da safrinha, caracterizada como cultivo de milho fora de época. Isso possibilita que a cultura possa ser semeada e colhida duas vezes ao ano. Sabe-se que a cultura cultivada em safrinha resultou, nos últimos anos, em rendimentos maiores que o milho cultivado em época normal (CONAB, 2023).

A cultura do milho é extremamente sensível à escassez hídrica, pois prejudica o seu desenvolvimento e rendimento. O milho pode alcançar bons rendimentos quando cultivado em solos profundos, com boa drenagem e areação, sob condições de baixa acidez do solo. Assim, esta cultura requer que seja realizada a calagem e a gessagem superficial quando em SPD (COSTA; CASTRO; FERRARI NETO; GUIMARÃES, 2015).

O milho é um cereal que enriquece a alimentação humana e animal, ocupando um lugar de comprovada importância, pois demanda tanto a quantidade quanto a qualidade da produção, ao longo dos séculos, desde quando era consumido como alimento básico pelos americanos, há 5 mil anos. Em decorrência das navegações do século XVI, a cultura foi disseminada para outras partes do mundo e passou a ser cultivada e consumida em praticamente todos os continentes (ABIMILHO, 2019).

O Brasil está entre os países que apresentam as maiores áreas cultivadas em sistema de plantio direto. O Rio Grande do Sul é o 6º maior produtor de milho em grão no país, e produziu de 2022 a 2023 em média 7,2 milhões de toneladas (CONAB, 2023).

1.1 TEMA

Uso de sulfato de cálcio (CaSO_4) e do carbonato de cálcio (CaCO_3) em solo cultivado com a cultura do milho.

1.1.1 Problema

A escassez hídrica pode limitar o rendimento do milho cultivado em sistema plantio direto, pois as raízes da cultura não crescem em profundidade, em consequência dos maiores teores de alumínio trocável em profundidade.

1.1.2 Hipótese

O sulfato de cálcio ao atuar como condicionador do solo pode melhorar os atributos químicos e físicos do solo em profundidade, de forma a favorecer o crescimento das raízes do milho e assim minimizar os efeitos de eventuais estresses hídricos.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Minimizar os efeitos da ocorrência de períodos de déficit hídrico em culturas como o milho, a partir da melhoria de alguns atributos químicos do solo, em profundidade.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a altura de plantas;
- Avaliar o número de espigas por planta;
- Avaliar o número de plantas por metro linear;
- Avaliar a absorção de N, P, K, Ca e Mg;
- Avaliar o rendimento de grãos;
- Avaliar a massa de mil grãos.

1.3 JUSTIFICATIVA

Segundo Van Raij (2011), com o avanço da pesquisa científica e uso de novas tecnologias, foi possível cultivar áreas que antes apresentavam-se com baixa fertilidade natural e até mesmo impróprias para cultivo. Assim, tais áreas passaram a ser cultivadas a partir do emprego dos corretivos de acidez do solo, de fertilizantes minerais e dos condicionadores de solo.

A atuação diferenciada dos fatores de formação do solo (pedogenéticos), influenciam as características e propriedades dos solos. Para que seja possível avaliar a fertilidade do solo e seus efeitos sobre a produtividade das culturas, faz-se necessário conhecer os atributos químicos do solo, o que inicia com a adequada coleta de amostras de solo nas camadas de 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm, na área em

que se deseja semear a cultura. No entanto, é preciso entender e manejar a fertilidade do solo, utilizando-se da melhor e mais vantajosa forma de aplicação dos fertilizantes e corretivos (VAN RAIJ, 2011).

A acidez do solo pode decorrer dos processos pedogenéticos e, portanto, pode ser natural. Os materiais de origem desprovidos de bases ou outros fatores de formação de solo como o clima quente e úmido, favorecem a acidificação do solo, que pode resultar em aumento na disponibilidade do Al^{+3} . Assim, acidificação não decorre única e exclusivamente do manejo inadequado dos solos, embora o manejo inadequado possa acelerar este processo. A correção da acidez do solo, ou amenização de seus efeitos, constituem-se em práticas importantes para possibilitar condições mais favoráveis ao desenvolvimento das culturas como o milho. Por isso, as práticas da calagem e da gessagem tem sido consideradas como importantes para as culturas, em especial a do milho (GALVÃO et al., 2017).

O milho é uma importante cultura que está sofrendo redução de área plantada no Rio Grande do Sul, nos últimos anos, em decorrência do fenômeno denominado “la niña”, que impõe limites ao desenvolvimento da planta pela redução na disponibilidade de água (CONAB,2023). De acordo com a legislação, o sulfato de cálcio é classificado como corretivo da sodicidade e condicionante do solo. O emprego do gesso tem proporcionado eventuais efeitos benéficos principalmente quando são verificadas ocorrências de restrição química no solo, associada com períodos de estiagem durante o ciclo da cultura (COSTA, 2015). Desta forma, tem sido indicado o uso de $CaSO_4$ para promover o aprofundamento das raízes da cultura de milho no solo, com o objetivo de amenizar os efeitos de possíveis estresses hídricos (TISSI, 2005).

A adoção de práticas que favoreçam o crescimento do sistema de raízes do milho em profundidade, poderá minimizar os efeitos de estresses abióticos e bióticos. Ao alcançarem as camadas mais profundas do solo, o maior volume do solo explorado poderá se traduzir em maior produtividade de grãos (MANUAL, 2016).

A calagem é utilizada para minimizar os efeitos do baixo pH, que decorre tanto da acidificação natural, quanto da acidificação acelerada, provocada pelo manejo da adubação do solo. A água da chuva é o principal introdutor de H^+ em solos, associado ao emprego de fertilizantes nitrogenados, ou até mesmo em decorrência da atividade biológica do solo, o que pode reduzir o pH (MELO, 2016).

O gesso pode ser adicionado ao solo quando for necessário aumentar a disponibilidade de Ca e S sem que haja necessidade de modificação do pH, ou com o objetivo de minimizar os efeitos da acidez do solo em camadas mais profundas, onde os efeitos da calagem não se verificam, em decorrência da aplicação do calcário em superfície no SPD (FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 2012).

Sendo assim, objetivou-se através deste, avaliar os efeitos da aplicação do sulfato de cálcio pode contribuir para minimizar os efeitos da estiagem na cultura do milho juntamente com o carbonato de cálcio através do aumento da produtividade da cultura.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONSTITUIÇÃO DO SOLO

O solo é a parte superficial intemperizada e não consolidada da crosta terrestre, que apresenta matéria orgânica e organismos vivos. Do solo os vegetais obtêm a água e os nutrientes através de suas raízes, desenvolvendo-se e adaptando-se ao longo dos anos (VAN RAIJ, 2011).

As plantas que no solo se instalam encontram além de nutrientes e água, uma sustentação para suas raízes. Cada planta apresenta suas exigências em relação ao solo, para que possa manifestar seu potencial produtivo (VAN RAIJ, 2011).

Van Raij (2011), acredita que:

Solos diferem entre si em uma série de características e propriedades. Podem ser encontradas variações em composição mineralógica, granulometria, profundidade, riqueza em nutrientes, capacidade de retenção de água, porosidade, etc. É difícil e frequentemente impossível precisar como cada uma dessas variáveis irá afetar a produtividade de culturas;

Em relação as partes que constituem o solo, destaca-se a granulometria cuja proporcionalidade das partículas de diferentes tamanhos revela a textura; a composição química e mineral que resulta dos elementos perdidos e aqueles constituintes vindo da solubilização das rochas ígneas; a matéria orgânica

relacionada a ação dos agentes biológicos que fazem sua parte em diversos processos de transformação. Assim, o solo forma-se em conseqüências dos seguintes fatores pedogenéticos, material de origem, clima, relevo, tempo e organismos (MELO et al., 2016).

2.2 ACIDEZ E CALAGEM

A reação do solo é a primeira propriedade química a ser conhecida. Caso ela não seja favorável, medidas corretivas deverão ser tomadas antes do cultivo, pois a acidez é a condição desfavorável mais comum no Brasil. Do ponto de vista químico o solo se comporta como um ácido fraco. Ácidos fortes dissociam-se completamente quando em solução, ao contrário dos ácidos fracos que dissociam-se pouco (MELO et al., 2016).

A escala de pH varia de 1,0 a 14,0 e considera-se como ácida a solução cujos valores sejam inferiores a 7,0 e alcalina a solução cujo valor do pH seja maior que 7,0. Os solos apresentam valores de pH que vão de 3,0 a 10,0. No Brasil são encontrados solos com valores de pH compreendidos entre 4,0 a 7,5. A condição mais encontrada é a que caracteriza a reação do solo como ácida. (MELO et al., 2016).

Conforme afirma Van Raij (2011),

...em geral em solos predominam as cargas negativas, os cátions são retidos nestas. Para haver remoção desses cátions e, portanto, acidificação do solo, é preciso haver ânions. Se forem adicionados sais neutros ao solo, no máximo pode haver troca iônica entre os cátions adicionados e os trocáveis existentes. A acidificação do solo ocorre quando são adicionados ânions ao solo sem os cátions básicos correspondentes. Isto corresponde a adicionar cátions em solução do solo, que passam a exigir, para manutenção da eletro neutralidade, a presença de cátions básicos em formas trocáveis. Os ânions da solução do solo, se houver percolação de água através do solo, são removidos, arrastando com eles cátions básicos;

Para neutralizar a acidez é preciso aplicar grandes quantidades de calcário, e os melhores resultados se darão quando a massa total do solo onde predomina o crescimento radicular for corrigida. Cada cultura requer um valor de pH apropriado

para expressar seu potencial de produtividade. A determinação da quantidade de calcário necessária para a correção da acidez até o valor de pH adequado para a cultura (pH de referência), pode ser efetuada com base no índice SMP de camada 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm, que é afetado pela acidez potencial, ou pelo método da saturação por bases (MANUAL,2016).

O valor de pH referência para a cultura do milho é 6,0, e à necessidade de correção da acidez tem como critério de decisão o valor do pH em 5,5. Ou seja, quando abaixo deste valor de pH o Al^{+3} poderá reaparecer e causar restrições ao crescimento das raízes da cultura (MANUAL,2016).

2.3 CONTEXTUALIZAÇÕES DO USO DA CALAGEM E GESSO

A prática da calagem deve considerar dois aspectos importantíssimos que são a forma de aplicação e a dose adequada. A aplicação do calcário em superfície consolida-se pela justificativa física, química, físico-químico e biológico, obtidos ao longo do tempo, que tem demonstrado que esta forma de aplicação de calcário tem sido eficiente no SPD (VITTI; PRIORI, 2009).

Segundo Vitti e Priori (2009):

A tomada de decisão é baseada na sensibilidade da cultura, no grau de acidez do solo ou, em alguns casos, também no sistema de produção. Desde meados dos anos 70 se conhece que as plantas de interesse agropecuário podem ser agrupadas por seu pH de referência (pH do solo mais adequado). Quando o valor de pH é maior que o valor de referência não há resposta econômica à calagem. Para algumas culturas não responsivas à elevação do pH, a saturação por bases é o critério adotado para o fornecimento de Ca e de Mg às plantas.

O gesso agrícola possui maior atuação em subsuperfície e maior solubilidade em água (0,204 g/mL), enquanto o calcário eleva o pH e pode fornecer Ca e Mg. O gesso que solubiliza no solo, dissocia-se os íons Ca^{++} e SO_4^{--} , constitui fonte de cálcio e enxofre e pode contribuir com o aprofundamento do sistema radicular da planta (VITTI; PRIORI, 2009).

Desse modo, o gesso reduz a saturação por alumínio junto com aumento na disponibilidade de Ca e S, favorece o crescimento das raízes e uma maior absorção de água e nutrientes, enquanto o calcário corrige a acidez e eleva o pH até o valor considerado adequado para a cultura. A associação de um sal inorgânico (CaCO_3) mais um mineral anidrita (CaSO_4) pode trazer melhoria na qualidade do solo e maior rentabilidade da cultura (COELHO, 2006).

3 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido a campo, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus Erechim- RS*, situada na ERS-135 Km 72, com altitude de 783 metros. O clima da região é classificado como subtropical úmido (Classificação climática de Köppen-Geiger, 2022). O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho (MULLER, 2017).

A caracterização edáfica do solo da área experimental indicou que a acidez (Tabela 1) não era adequada para o desenvolvimento da cultura do milho, pois o valor do pH estava inferior ao valor considerado como adequado para cultura do milho. Assim, ficou caracterizada a necessidade de realização da calagem.

Tabela 1. Análise química do solo

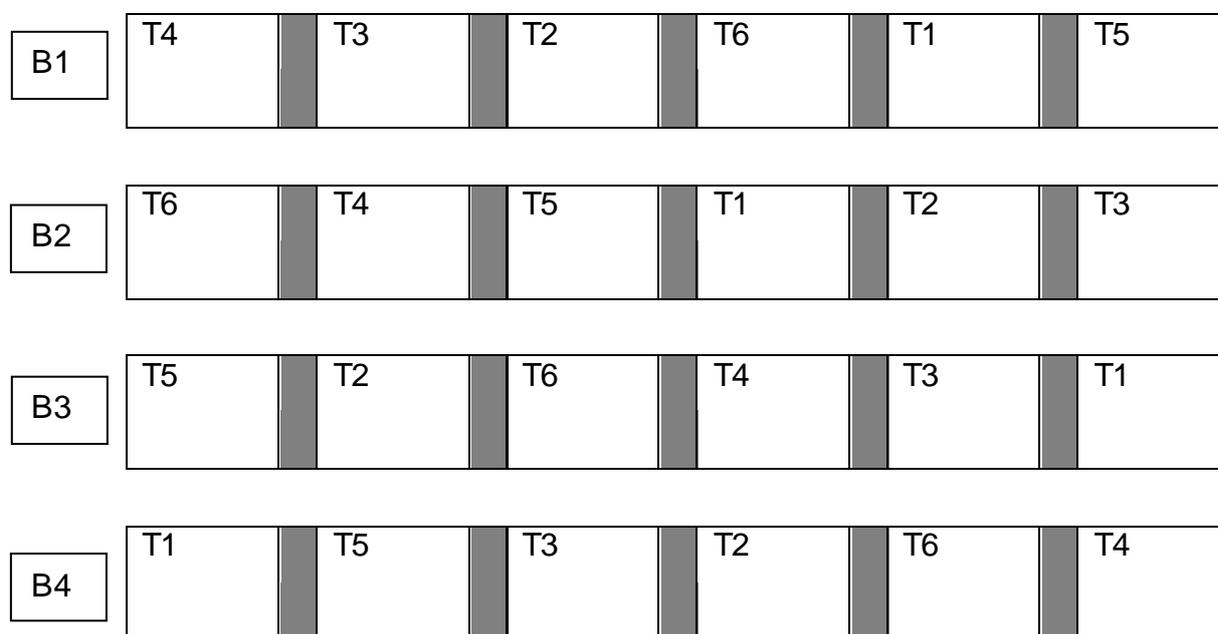
Referencia	pH da água	Índice SMP	Al cmolc/dm ³	Ca cmolc/dm ³	Mg cmolc/dm ³	H+ Al cmolc/dm ³	CTC (efetiva) cmolc/dm ³
0-10 cm	5,10	6,04	0,10	4,07	3,03	4,16	7,52
10-20 cm	5,24	5,90	0,45	3,59	2,81	4,89	7,05

A análise química do solo da área contém informações para além daquelas apresentadas na Tabela 1. A camada 0-10 possui teor de argila de 52%, teor de P_2O_5 de 7,8 mg/dm³ e teor de S de 17,4 mg/dm³, enquanto na camada 10-20 o teor de argila é de 64%, teor de P_2O_5 5,2 mg/dm³ e o teor de S de 13,8 mg/dm³. Os teores P_2O_5 e de K_2O foram interpretados como baixos no solo, quando consideradas as exigências das culturas produtoras de grãos. Os teores de Ca, Mg e S nas duas camadas avaliadas foram interpretados como altos.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com 6 tratamentos: T1: controle, sem aplicação, T2: 4 t/ha de calcário incorporado, T3: 3,2 t/ha de gesso aplicado em superfície; T4: 1 t/ha de calcário aplicado em superfície; T5: 1 t/ha de calcário + 3,2 t/ha de gesso ambos aplicados em superfície e T6: 1 t/ha de calcário + 1,6 t/ha de gesso ambos aplicados em superfície. Os tratamentos foram estabelecidos em 4 repetições conforme croqui que consta na (FIGURA 1). A quantidade de calcário adicionada ao solo considerou do Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) de 80 % de um calcário dolomítico, necessária para atingir pH 6,0 e referenciada no índice SMP e estabelecida no manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (SANTOS et al., 2016). Já para a determinação da Necessidade de Gessagem (NG) foi considerado o teor de argila contida na análise de solo da área de experimentação, de acordo com a seguinte equação proposta por (COSTA, 2019):

$$NG = 50 \times \text{teor de argila}$$

Figura 1: Croqui da área



A aplicação do calcário e do gesso foi realizada 45 dias antes da semeadura do milho.

A semeadura do milho foi realizada no dia 30 de novembro de 2022 com semeadora de 6 linhas. Foram distribuídas 5,1 sementes por metro linear em linhas espaçadas por 45 cm. Foi empregado o milho híbrido X30N407PWU com tecnologia

Powercore Ultra. Junto com a semeadura foi realizada a adubação mineral, na dose de 500 kg/ha da fórmula 05.20.20. Foi realizada a adubação nitrogenada em cobertura, em duas épocas, em complemento a adubação mineral fornecida no momento da semeadura. A adubação de cobertura ocorreu quando a cultura estava nos estádios fenológicos V6, que ocorreu 28 dias após semeadura e em V8, que ocorreu 15 dias após a 1ª aplicação. Foram realizadas práticas culturais recomendadas para a cultura para evitar a competição com plantas concorrentes, assim como para evitar insetos pragas.

Quando a cultura alcançou a fase reprodutiva, no pleno florescimento da cultura, foi realizada a coleta de amostras de folhas índice, as quais se encontravam em lado oposto e abaixo da espiga, para avaliação da composição nutricional da cultura. Foram coletadas um total de 10 folhas por parcela, usando as segundas linhas da semeadura.

As amostras de folhas assim obtidas foram levadas ao laboratório, onde foi procedida a lavagem e a retirada do excesso de água. Em seguida as folhas foram acondicionadas em sacos de papel devidamente identificadas por tratamento e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, na temperatura de 60°C por 72h. Depois de secas, as folhas foram submetidas à moagem e posterior digestão das amostras, conforme está descrito em Tedesco et al. (1995), para determinar os teores de N, P, K, Ca e Mg.

A determinação do rendimento de grãos foi realizada em duas linhas centrais das parcelas, colhendo e trilhando as espigas da área útil. Foram descartados o primeiro e último metro de cada parcela, considerados como bordaduras. Das espigas obtidas na área útil foram sorteadas quatro espigas, destinadas a obtenção do número de grãos por espigas e o tamanho das espigas. Na área útil foi realizada a determinação do número de espigas por plantas. A massa total das amostras de grãos por parcela foram empregadas na determinação da produtividade por área, transformados em produtividade equivalente por hectare.

Foi realizada a avaliação da altura de plantas por parcelas com uso de trena, no estágio de pendoamento da cultura.

Os dados estatísticos obtidos com as variáveis respostas avaliadas foram submetidos análise de variância com auxílio do software Sisvar (FERREIRA, 2019) e as médias foram comparados pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSÕES

A altura média das plantas foi T1: 1,62 m, T2: 1,67 m, T3: 1,64 m, T4: 1,75 m T5: 1,70 m e T6:1,72 m. A média da altura total do milho foi de 1.68 m, com uma média de 2 espigas por planta e de 720 grãos por espiga. Segundo Barros e Jardine (2021), a altura variam em função do híbrido ou da cultivar avaliada.

A massa seca das amostras de folhas não foi influenciada pelos tratamentos testados (Tabela 1).

Tabela 1- Massa seca da amostra de folhas índice da cultura do milho

TRATAMENTOS	MS (g)
¼ CALC SUP	41,36 ^{ns}
¼ CALC + ½ GESSO	39,29
CONTROLE	36,57
GESSO	36,39
¼ CALC+GESSO	33,12
CALC INC	32,84

Coeficiente de Variação (%) = 12,78

^{ns} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A extração de N foi maior nas parcelas que receberam a aplicação de calcário na superfície (Tabela 2), quando comparada com a extração verificada nas parcelas em que ocorreu a incorporação do calcário. No entanto, este efeito não pode ser discriminado em relação aos demais tratamentos (Tabela 2), o que indica que este efeito pode ter sido em parte influenciado por fatores climáticos no início do desenvolvimento da cultura. Nesta fase, embora tenham ocorrido condições favoráveis para a aplicação da adubação nitrogenada, houve desuniformidade na distribuição das precipitações.

O nitrogênio é um nutriente muito exigido pelas culturas. Este nutriente compõem o grupo de macronutrientes, tratando-se de um elemento que apresenta dinâmica complexa, que não deixa efeitos residuais diretos em aplicações de adubações nitrogenadas e fica sujeito às transformações bioquímicas e aos processos físicos e químicos (COELHO, 2006).

A calagem influencia na resposta das culturas em relação ao nitrogênio. O uso de calagens elevadas acaba por estimular em muitos solos o aprofundamento do sistema radicular das raízes, propiciando as plantas o melhor uso do N no

subsolo além de elevar o pH do solo (MANUAL, 2016). Além disso, a elevação do pH favorece a decomposição da matéria orgânica do solo e em consequência a mineralização do nitrogênio, com aumento da disponibilidade deste nutriente.

Tabela 2 – Extração de nitrogênio (N) pela folha índice de milho

TRATAMENTOS	N (mg)*
¼ CALC SUP	2016,41 a
CONTROLE	1945,07 ab
¼ CALC + ½ GESSO	1939,22 ab
GESSO	1750,43 ab
¼ CALC+GESSO	1601,67 ab
CALC INC	1523,95 b

Coeficiente de Variação (%) = 10,22

* Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

^{ns} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O fósforo possui uma particularidade de alto grau de interação com o solo e essa característica, associada à sua deficiência, faz com que esse elemento seja crítico. A aplicação de fertilizantes fosfatados e a prática da calagem melhora a disponibilidade do fósforo, pois aumenta sua solubilidade e reduz a fixação por óxidos de ferro e alumínio. A baixa solubilidade do fósforo e a deficiência hídrica podem constituir-se em fatores limitantes da produtividade das culturas na maioria dos solos que não são adubados e até mesmo nos solos adubados, e a resposta a adubação fosfatada pode variar de cultura para cultura (COELHO, 2006).

Pode-se observar na Tabela 3 que a aplicação de calcário em superfície associado com a metade da dose de gesso recomendada para o solo onde o experimento foi conduzido, resultou em maior extração de fósforo pela folha índice do milho, em relação aplicação calcário na forma incorporada. Cabe salientar que este efeito não pode ser discriminado em relação aos demais tratamentos testados. Possivelmente este efeito esteja associado com a maior absorção de nitrogênio observada com os mesmos tratamentos, visto que estes nutrientes sofrem interação positiva no processo de absorção (COELHO, 2006).

Tabela 3 – Extração de fósforo (P) pela folha índice de milho

TRATAMENTOS	P (mg)*
¼ CALC + ½ GESSO	101,89 a
CONTROLE	96,11 ab
¼ CALC SUP	84,79 ab
¼ CALC+GESSO	78,73 ab
GESSO	77,48 ab
CALC INC	65,06 b

Coeficiente de Variação (%) = 12,94

* Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

^{ns} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Não houve efeito dos tratamentos testados sobre a extração de K pelas folhas índice da cultura do milho (Tabela 4). Embora a absorção de K possa ser afetada pela atividade dos demais cátions como o cálcio e o magnésio, a interação negativa neste estudo não foi constatada.

O potássio é o segundo macronutriente em teor contido nas plantas, sendo somente inferior ao nitrogênio. Essencial para desenvolvimento e crescimento das plantas, possuindo funções principais de ativação de enzimas para produzir açúcar e atuando no controle de água presente nas células chamado de turgência (COELHO, 2006).

Na cultura do milho esse nutriente contribui para elevar a qualidade do vegetal, além de estar relacionado com a massa individual de grão e com o número de grãos por espiga. A presença do potássio favorece ainda a inflorescência feminina precoce, eleva a resistência do colmo e uma maturação uniforme (BIOMATRIX, 2021).

Tabela 4- Extração de potássio (K) pela folha índice de milho

TRATAMENTOS	K (mg)*
GESSO	1060,19 ^{ns}
CONTROLE	1025,31
¼ CALC + ½	1002,24
¼ CALC SUP	894,63
¼ CALC+GESSO	829,10
CALC INC	807,47

Coeficiente de Variação (%) = 13,57

* Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

^{ns} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Em relação à extração de Ca pelas folhas índices, de modo idêntico ao observado com o K, não houve efeito dos tratamentos testados (Tabela 5). Cabe salientar que os teores originais de Ca no solo não se encontravam limitantes para o desenvolvimento das culturas, razão pela qual, juntamente com o pouco tempo de reação do calcário e do gesso no solo, pode ter influenciado a não discriminação dos efeitos dos tratamentos sobre a extração deste nutriente.

Coelho (2006) e Van Raij (2011) relataram que o Cálcio é um nutriente consumido pelas culturas em quantidades variadas, porém frequentemente não está havendo respostas de cálcio em nenhuma cultura, e não há uma explicação adequada para esse fato. Pode-se supor que a ação corretiva do calcário sobre a acidez do solo e a neutralização do alumínio esteja relacionada com essa falta de resposta.

Tabela 5- Extração de Cálcio (Ca) pela folha índice de milho

TRATAMENTOS	Ca (mg)*
GESSO	226,50 ^{ns}
CONTROLE	205,28
¼ CALC + ½ GESSO	203,18
¼ CALC+GESSO GESSO	196,99
¼ CALC SUP	172,01
CALC INC	171,21

Coeficiente de Variação (%) = 30,19

* Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

^{ns} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A extração de Mg na planta de milho não foi influenciada pelos tratamentos testados (Tabela 6), do mesmo modo que o observado com os cátions Ca e K. Da mesma forma que para o Ca, o teor de Mg no solo não se encontrava limitante, o que também pode explicar a ausência de efeito dos tratamentos, juntamente com o pouco tempo para solubilização do calcário e do gesso.

O magnésio nas culturas requer em quantidades modestas variando de espécie para espécie, e como Mg não é normalmente usado em adubação, mas acondicionado ao solo com calagens não existindo muitos dados das culturas em relação a esse nutriente (COELHO, 2006).

Tabela 6- Extração de Magnésio (Mg) pela folha índice de milho

TRATAMENTOS	Mg (mg)*
¼ CALC + ½ GESSO	88,38 ^{ns}
¼ CALC SUP	83,59
GESSO	78,76
CONTROLE	78,15
¼ CALC+GESSO	76,81
CALC INC	70,73

Coeficiente de Variação (%) = 19,91

* Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

^{ns} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os tratamentos testados não influenciaram o rendimento de grãos (Tabela 7), ainda que o tratamento ¼ de calcário + gesso tenha se sobressaído aos demais,

não foi o suficiente afirmar que tenha que tenha sido consequência dos tratamentos testados. Segundo Monzón et al. (2022), a aplicação de doses crescentes de gesso e calcário agrícola não influenciaram significativamente o peso de mil sementes e rendimento de grãos de milho.

Tabela 7- Rendimento de grão (RG) de milho

TRATAMENTOS	RG (Kg)*
¼ CALC+GESSO	8628,84 ^{ns}
¼ CALC SUP	8050,66
CONTROLE	8050,16
GESSO	7690,87
¼ CALC + ½ GESSO	7633,42
CALC INC	7182,46

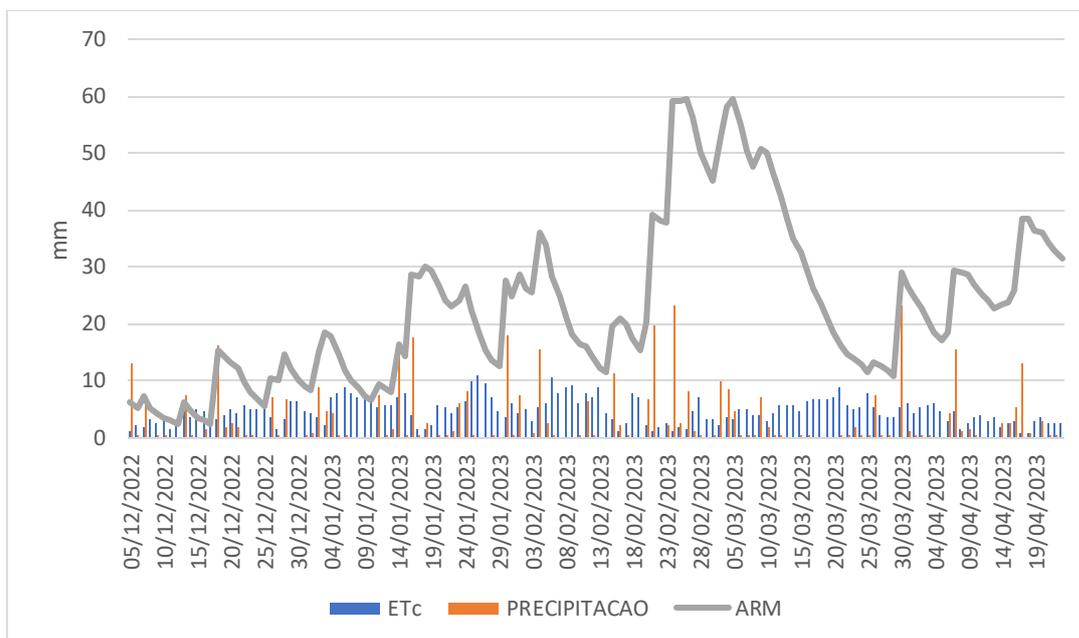
Coeficiente de Variação (%) = 13,33

* Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

^{ns} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Dados obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) sobre água disponível no solo, precipitação (mm) e evapotranspiração da cultura (Gráfico 1) durante todo o ciclo da cultura, a partir da data da emergência da cultura até um mês antes da colheita, indicam a irregularidade climática e a pouca água disponível no solo, nas fases iniciais do desenvolvimento da cultura. Esta fase é crítica para a definição do potencial produtivo. A irregularidade climática associada a baixa disponibilidade de água no solo nos primeiros 45 dias (Gráfico 1) podem ter contribuído para a não discriminação dos efeitos entre os tratamentos testados. Pode-se observar que foram 41 dias sem chuva. As chuvas acumuladas no período inteiro foram de 384,31 mm, com temperatura média de 23,55 °C o que pode ter sido insuficiente para a plena expressão do potencial produtivo e para a mais rápida solubilização do calcário e do gesso aplicados (INMET,2023).

Gráfico 1: Balanço hídrico INMET



5 CONCLUSÃO

Na cultura do milho não houve resposta em extração de nutrientes K, Ca e Mg, e no rendimento de grão submetidos aos tratamentos usados. Os teores de cálcio e magnésio no solo não se encontravam limitantes e o pouco tempo para solubilização do calcário e do gesso, podem explicar a ausência de efeito dos tratamentos. A extração de potássio pelas folhas índice não foi influenciada pelos tratamentos testados e foi descartada a hipótese de que possa ter sido afetada pelos cátions de Ca e Mg em uma interação negativa. No primeiro ano a produtividade de grãos não respondeu aos tratamentos testados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos fatores que pode ter ocasionado essas faltas de respostas também foi a condição climática. Em condições normais de chuvas, as plantas de milho poderiam ter absorvido e fixado mais os nutrientes disponíveis no solo, em consequência da aplicação do sulfato e do carbonato de cálcio.

Experimentos com calcário e gesso tendem a apresentar resultados em médio a longo prazo. Assim os resultados mais significativos são esperados a partir do segundo ano de sua implantação, para o que se recomenda continuar estudando os efeitos ao longo dos próximos 5 anos.

REFERÊNCIAS

ABIMILHO (Paraná). **Milho. Associação Brasileira das Indústrias do Milho**, [s. /], p. 1-1, 2019. Disponível em: <http://www.abimilho.com.br/milho/cereal>. Acesso em: 10 jun. 2022

BARROS, Talita Delgrossi; JARDINE, José Gilberto. Agroenergia: nabo-forrageiro. Nabo-forrageiro. 2021. EMBRAPA. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agroenergia/biodiesel/materias-primas/nabo-forrageiro#:~:text=Apresenta%20elevada%20capacidade%20de%20reciclagem,%2C%20feij%C3%A3o%2C%20milho%20e%20soja> . Acesso em: 18 jun. 2023.

BIOMATRIX, Sementes. **Deficiência de potássio no milho: como identificar e manejar**. 2021. Disponível em: <https://sementesbiomatrix.com.br/blog/fitossanitario/deficiencia-de-potassio-no-milho/#:~:text=No%20milho%2C%20o%20pot%C3%A1ssio%20contribui,n%C3%BAmero%20de%20gr%C3%A3os%20por%20espiga> . Acesso em: 19 jun. 2023.

Classificação climática de Köppen-Geiger – Wikipédia, a enciclopédia livre.

Disponível em:

https://pt.wikipedia.org/wiki/Classifica%C3%A7%C3%A3o_clim%C3%A1tica_de_K%C3%B6ppenGeiger#:~:text=No%20esquema%20da%20classifica%C3%A7%C3%A3o%20clim%C3%A1tica . Acesso em: 9 out. 2023.

COELHO, Antônio Marcos. **Nutrição e Adubação do Milho**. 2006. Circular Técnica 78 MAPA. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/490410/1/Circ78.pdf> . Acesso em: 19 jun. 2023.

CONAB (Brasil). Companhia Nacional de Abastecimento. **Milho: análise de março. Análise de Março**. 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuário-e-extrativista/analise-regional-do-mercado-agropecuário/analise-regional-mg-milho/item/20441-milho-analise-marco-2023> . Acesso em: 06 jul. 2023.

COSTA, R. F. Cálculo de Gessagem: Métodos recomendados e as novas pesquisas. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/calculo-de-gessagem/> . Acesso em: 22 out. 2023.

COSTA, Claudio Hideo Martins da; CASTRO, Gustavo Spadotti Amaral; FERRARI NETO, Jayme; GUIMARÃES, Tiara Moraes. **Gessagem no sistema plantio direto**. 2015. EMBRAPA. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1018389/gessagem-no-sistema-plantio-direto> . Acesso em: 06 jul. 2023.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA (Febrapdp).

Evolução da área de plantio direto. 2012. Disponível em:

https://febrapdp.org.br/download/PD_Brasil_2013.l.pdf . Acesso em: 27 ago. 2022.

FERREIRA, Daniel Furtado. **SISVAR: A COMPUTER ANALYSIS SYSTEM TO FIXED EFFECTS SPLIT PLOT TYPE DESIGNS**. REVISTA BRASILEIRA DE BIOMETRIA, [S.l.], v. 37, n. 4, p. 529-535, dec. 2019. ISSN 1983-0823. Disponível em: <http://www.biometria.ufla.br/index.php/BBJ/article/view/450> . Acesso em: 09 out.2023.

GALVÃO, João Carlos Cardoso *et al.* **MILHO: do plantio a colheita**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2017. 382 p.

MANUAL. **Adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11 ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2016. 376 p.

MELO, Vander de Freitas *et al.* **QUÍMICA E MINERALOGIA DO SOLO: parte II- aplicações**. Viçosa: UFV, 2016.

MONZÓN, Alder Delosantos Duarte *et al.* Resposta das culturas de milho e soja à aplicação de gesso com calcário em sistema de plantio direto. 2022. Cultivando o Saber. Disponível em:

<https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/1128> . Acesso em: 19 jun. 2023.

MULLER, Patrícia Elena. **ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM LATOSSOLO VERMELHO DA ÁREA EXPERIMENTAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL – CAMPUS DE ERECHIM**. 2017. Disponível em:

<https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/906> . Acesso em: 17 jul. 2023.

TISSI, Josinei Antonio; CAIRES, Eduardo Fávero; PAULETTI, Volnei. Efeitos da calagem em semedura direta de milho. **Bragantia**, [S.L.], v. 63, n. 3, p. 405-413, dez. 2004. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0006-87052004000300010>.

TISSI, Josinei Antonio; CAIRES, Eduardo Fávero; PAULETTI, Volnei. Efeitos da calagem em semedura direta de milho. 2005. SciELO - Scientific Electronic Library Online. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/brag/a/R5DM4ZK4FDmCvhzXspRpTqm/?lang=pt> . Acesso em: 19 jun. 2023.

VAN RAIJ, Bernardo. **Fertilidade do Solo e Adubação**. 60. ed. Piracicaba: Agronômica Cere Ltda, 1994. 327 p.

VITTI, Godofredo César; PRIORI, Júlio César. Calcário e gesso: os corretivos essenciais ao Plantio Direto. **Fertilidade: correção do solo**, São Paulo, p. 1-5, 06 jul. 2022.

ZANDONÁ, Renan Ricardo; BEUTLER, Amauri Nelson; BURG, Giovane Matias; BARRETO, Caroline Farias; SCHMIDT, Marcelo Raul. Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, [S.L.], v. 45, n. 2, p. 128-137, jun. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1983-40632015v4530301>.