



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS URUÇUI
CURSO BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÔNOMICA

MARIA STEFANY ARAÚJO CASTRO

INFLUÊNCIA DO GESSO NA PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO MILHO (*Zea mays*) NO CERRADO

URUÇUI
2022

MARIA STEFANY ARAÚJO CASTRO

INFLUÊNCIA DO GESSO NA PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO MILHO (*Zea mays*) NO CERRADO

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico) apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Engenharia Agrônômica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Uruçuí.

Orientador: Prof. Dr. Vinicius Ribamar Alencar Macedo.

URUÇUÍ

2022

INFLUÊNCIA DO GESSO NA PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO MILHO (*Zea mays*) NO CERRADO

Maria Stefany Araújo Castro¹

Vinicius Ribamar Alencar Macedo²

RESUMO

A cultura do milho detém importante papel no setor econômico brasileiro, especialmente para a região do Cerrado brasileiro. O Cerrado possui solos com baixos teores de nutrientes, elevada acidez e alta toxidez por alumínio, e a aplicação de gesso possibilita melhoria no desenvolvimento do sistema radicular das plantas, aumentando a eficiência no uso da água e de nutrientes disponíveis no solo. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi realizar um levantamento bibliográfico sobre o uso do gesso e a influência da sua prática, na produtividade da cultura do milho (*Zea mays* L.), em solos do Cerrado. Esta revisão bibliográfica foi subdividida em duas fases, sendo a primeira composta pela seleção das bases de dados, definição das estratégias de busca, levantamento de dados, leitura analítica e escolha dos estudos afins; a segunda etapa foi composta pela síntese dos principais dados, elaboração de figuras, tabelas e, por último, elaboração deste estudo com os resultados alcançados. Constatou-se que o uso do gessagem agrícola proporciona maior desenvolvimento radicular devido ao aumento na concentração de cálcio, em solos ácidos sob sistema plantio direto. Os principais efeitos são percebidos em períodos de veranicos, durante o ciclo das culturas em regime de sequeiro. Os principais nutrientes lixiviados pela aplicação de gesso é o Mg seguido do K, este último em menores proporções. Conclui-se que a gessagem é importante opção para elevar a produtividade da lavoura, no entanto, esse uso deve ser feito seguindo critério para que se evite a lixiviação excessiva dos nutrientes.

Palavras-chave: fosfogesso; condicionador do solo; gessagem.

ABSTRACT

Corn cultivation plays an important role in the Brazilian economic sector, especially in the Brazilian Cerrado region. Cerrado has soils with low nutrient levels, high acidity, and high aluminum toxicity, and the application of gypsum allows for improvement in the development of the plant root system, increasing water use efficiency and nutrient availability in the soil. In this context, the objective of this study was to conduct a literature review on the use of gypsum and its impact on corn (*Zea mays* L.) productivity in Cerrado soils. This literature review was divided into two phases, with the first phase consisting of selecting databases, defining search strategies, collecting data, analytical reading, and selecting related studies. The second phase consisted of synthesizing the main data, creating figures, tables, and finally, drafting this study with the results obtained. It was found that agricultural gypsum use leads to greater root development due to the increased calcium concentration in acidic soils under

¹ Graduanda no Curso de Engenharia Agrônômica. Instituto Federal do Piauí - Campus Uruçuí. E-mail: mariastefanyaraujocastro@gmail.com

² Docente no Curso de Engenharia Agrônômica. Instituto Federal do Piauí - Campus Uruçuí. E-mail: vinicius.macedo@ifpi.edu.br

direct planting systems. The main effects are perceived during dry spells during the crop cycle in rainfed agriculture. The main nutrients leached by gypsum application are Mg followed by K, the latter in smaller proportions. It is concluded that gypsum application is an important option to increase crop productivity. However, this use must be done following criteria to avoid excessive nutrient leaching.

Keywords: phosphogypsum; soil conditioner; plastering.

Data de aprovação: 16/12/2022

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma espécie que pertence à família Poaceae. Apresenta grande adaptabilidade, permitindo o cultivo em várias regiões do mundo, em climas temperados, tropicais e subtropicais (VALECENTE, 2015). É um cereal largamente cultivado no Brasil, em que apresenta grande potencial produtivo. Entretanto, os níveis de produção nacional ainda são inferiores ao teto produtivo, o que aumenta a necessidade de aprimoramento dos sistemas de produção, a fim de elevar a mesma (CRUZ, *et al*, 2010).

A cultura do milho é caracterizada por apresentar boa taxa fotossintética e de captação de luz, em todas as fases do seu ciclo. Esta é a principal característica responsável por altas produções de massa e grãos por unidade de área, quando comparada a outras culturas de interesse econômico (FARIA; FACHIN; LIMA, 2022). De acordo com Santos *et al.* (2020), a planta de milho utiliza a via C4 da fotossíntese, caracterizada pela presença de células especiais na região intermediária entre as células do mesófilo e as células do feixe vascular, denominadas células do tipo Kranz. Essas células têm a função de concentrar o dióxido de carbono e proteger o processo fotossintético da planta de milho de fatores ambientais como a baixa umidade e altas temperaturas.

Estudos recentes também têm apontado a importância da regulação do transporte de elétrons na fotossíntese do milho, como descrito por Pereira *et al.* (2021), que demonstraram que a interação entre os complexos de proteínas da cadeia de transporte de elétrons é essencial para o desempenho fotossintético eficiente da planta de milho. O milho é uma cultura destinada para a produção de silagem ou de grão, de boa qualidade, afirmando-se, atualmente, como uma cultura com elevado potencial produtivo para a agricultura (SILVA *et al.*, 2020). Essa espécie apresenta grande relevância nacional por conta de sua importância econômica e social. Essencial para diversas cadeias produtivas alimentares (humana e animal), ocupou o segundo lugar como cereal mais produzido no país no ano de 2017, com intenso efeito multiplicador na geração de renda, congrega uma gama de produtores com níveis de

tecnificação completamente diversos, oferecendo trabalhos diretos e indiretos para a população (SILVA *et al.*, 2020).

O comércio atual do milho é favorável à comercialização, devido às altas demandas interna e externa. Segundo dados da CONAB (2022) o volume acumulado das exportações de milho entre janeiro e setembro de 2022 atingiu 24,66 milhões de toneladas, na safra 21/22, o montante equivale a um aumento de 92,3% no comparativo com o mesmo período do ano passado, quando as vendas externas do grão alcançaram o patamar de 12,82 milhões de toneladas.

Para a produção de qualquer cultura, há a necessidade de levar em consideração as características do solo. Vale mencionar que a maior parte do território nacional, se situa em região de clima tropical, com temperaturas elevadas e índices pluviométricos altos, fatores que proporcionam a aceleração dos desgastes, redução dos nutrientes, sobretudo, as bases, aumentando a capacidade de fixação do fósforo e elevação da acidez, sendo esse último, um fator que contribui para a limitação da produção, visto que a acidez quando elevada, diminui a capacidade das plantas em absorver água e nutrientes. (VITTI *et al.*, 2015).

Pode se obter a melhoria da fertilidade do solo através da correção da acidez e adequação nutricional para diferentes sistemas de produção (SANO *et al.*, 2008). A correção da acidez superficial e em profundidade nos solos do Cerrado, através da utilização de calcário e gesso (SOUSA; LOBATO, 2004; SOUSA *et al.*, 2004), foi determinante para o desenvolvimento agrícola no bioma Cerrado. Associado a isso, a estacionalidade climática e interrupções pluviométricas durante a estação chuvosa (veranicos) (COCHRANE; AZEVEDO, 1988; LOPES *et al.*, 2012) tornam a tecnologia de uso do gesso ainda mais importante. O gesso tem sido utilizado no milho, resultando em aumentos de produtividade devido ao uso mais eficiente de água e de nutrientes do solo, com maior estabilidade de produção condicionada por essa tecnologia contribui para a expansão da área cultivada no Cerrado. (SOUSA; REIN, 2009; DEMATTÊ *et al.*, 2011; RAMPIM *et al.*, 2013).

Nesse sentido, surge a necessidade de desenvolver um perfil de solo profundo, favorecendo uma maior disponibilidade de água para as plantas, em razão de um maior crescimento radicular em profundidade. Uma alternativa a essa realidade é o uso do gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), conhecido por suas propriedades de “condicionador” de subsuperfície, que devido a sua alta solubilidade, adiciona bases trocáveis em subsuperfície e neutraliza o alumínio trocável, favorecendo o desenvolvimento radicular nas camadas de 0,2 a 0,4 m e 0,4 a 0,6 m (PIENIZ, 2020).

Porém, o uso deste subproduto da indústria de fertilizantes ainda não é amplamente utilizado pelos agricultores brasileiros, seja por desconhecimento da prática, ou por desconhecimento dos reais benefícios que esta pode proporcionar às culturas (PIVETTA *et al.*, 2019). Diante do exposto, objetivou-se realizar um levantamento bibliográfico sobre o uso do gesso e a influência da sua prática, na produtividade da cultura do milho (*Zea mays* L.), em solos do Cerrado.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente levantamento bibliográfico é caracterizado como uma revisão de literatura do tipo sistemática, cujo propósito foi selecionar, reunir, avaliar e sintetizar as principais informações dos estudos publicados no meio científico. A revisão sistemática é qualificada como uma pesquisa observacional de recuperação e análise crítica da literatura. (PIENIZ, 2020).

O estudo foi subdividido em duas etapas pré-ordenadas, estabelecendo uma sequência lógica e ordenada de fases.

Primeira etapa da pesquisa:

- a) Seleção das bases de dados. A pesquisa foi embasada nos estudos divulgados nos periódicos Scielo e Capes;
- b) Definição das estratégias de busca. Foram utilizadas palavras-chave como “gessagem”, “condicionador”, “*Zea mays*”, a fim de intensificar a especificidade dos materiais de pesquisa;
- c) Levantamento de dados. Os trabalhos foram escolhidos conforme critérios de inclusão e exclusão. Adotaram-se como parâmetros de inclusão: a conformidade aos objetivos propostos; área de concentração (Agronomia, Solos e Fertilidade); trabalhos acadêmicos respaldados, como estudos de conclusão de curso, artigos científicos, dissertações e teses, em idiomas português e inglês. A pesquisa foi fundamentada em estudos publicados entre os anos de 2010 a 2022. As publicações que não se enquadraram nos critérios de inclusão serão excluídas.
- d) Leitura analítica e seleção dos documentos afins. Os estudos retornados nas bases de dados foram lidos e selecionados criteriosamente, segundo os critérios pré-estabelecidos.

Segunda etapa da pesquisa:

- e) Levantamento e síntese das principais informações sobre a temática;

- f) Elaboração de figuras, tabelas, gráficos e afins;
- g) Elaboração da revisão de literatura com os resultados alcançados com o estudo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 A Cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma gramínea anual, que se originou na região que hoje é compreendida pelo sul do México e norte da Guatemala, com altura média entre 1,70 e 2,50 m no florescimento e que pode ser cultivada desde o nível do mar até 3.600 m de altitude e onde a temperatura se apresente entre uma média noturna acima de 12,8° C e média diurna superior a 19° C. Em relação às necessidades de água, apresenta demanda de 500 a 800 mm de lâmina d'água, bem distribuídos, desde a semeadura até o ponto de maturação fisiológica dos grãos (DARÓS, 2015). As fases consideradas mais preocupantes com a possibilidade de deficiência de água, são a iniciação floral, o desenvolvimento da inflorescência, assim como o período de fertilização e enchimento dos grãos. (DARÓS, 2015).

A obtenção de altas produtividade de milho está associada à alguns fatores agronômicos de alta importância, que devem ser considerados em todas as etapas do processo de produção, como a escolha da cultivar adequada, o preparo do solo, o arranjo populacional, a profundidade e velocidade de semeadura, adubação de base e de cobertura, os tratos culturais, o manejo com ervas daninhas, pragas e doenças, operacionalidade e o ponto de colheita, secagem e armazenamento (CRUZ, *et al*, 2010).

Sabe-se que, todos os anos surgem no mercado novas cultivares, isso decorrente da busca pelo ajuste da escolha certa ao sistema de produção de cada agricultor, nesse sentido é importante a escolha da cultivar a ser utilizada (CRUZ; FILHO, 2009). O preparo do solo, também é outra etapa importante, sendo essa uma atividade que tem como objetivo oferecer condições para a germinação das sementes, bem como promover a estabilidade do sistema radicular das plantas do milho, tendo em vista que, quando a planta tem um bom sistema radicular consegue utilizar melhor a água e o solo (DARÓS, 2015).

O arranjo populacional pode auxiliar para efetivação da exploração correta do ambiente, bem como do genótipo, essa atividade pode ser manipulada através das mudanças na densidade de plantas e no espaçamento usado entre fileiras (CRUZ *et al.*, 2006). Outra etapa importante, é a profundidade que tem como recomendação de 5 a 7 cm para solos arenosos e para solos argilosos o recomendado é de 3 a 5 cm. Para a velocidade de semeadura,

o considerado ideal está entre 4,5 e 5 km/h (semeadura de discos) e até 6 km/h (plantadeiras de ‘dedos’ ou pneumáticas) (DARÓS, 2015).

Atenção especial também deve ser dada às plantas invasoras, às pragas e às doenças que acometem a saúde da cultura. As pragas iniciais atacam a lavoura desde o plantio até a fase da plântula (de 25 a 30 dias após a emergência). Após esse período, acometem as folhas, minimizando a área fotossintética e, conseqüentemente, a produção de grãos (EMBRAPA, 2015). Para o armazenamento, torna-se necessário a adoção das Boas Práticas de Armazenamento (BPAs), que buscam garantir a qualidade do produto final, tendo alimentos seguros, com maior proporção de valor agregado, com foco no monitoramento e manejo adequado em todas as etapas após a colheita (PIMENTEL, *et al.*, 2011).

3.1.2 Fatores limitantes à produtividade do milho

Um dos fatores que mais limitam a produtividade do milho é a acidez do solo e a baixa disponibilidade de cálcio (COUTINHO *et al.*, 1991; FAGEIRA, 2001). Solos ácidos apresentam alta toxidez, devido às grandes concentrações de alumínio tóxico (Al^{3+}) e manganês (Mn), menor capacidade em absorver água e a baixa atividade de microrganismos. Como consequência de tais efeitos negativos, a produtividade da cultura é reduzida, de forma acentuada (FAGERIA; STONE, 1999; SILVEIRA *et al.*, 2000).

Os solos de cerrado, são naturalmente ácidos, seja pela própria origem do material de formação (baixo teor de cátions básicos), seja devido à lixiviação das bases para as camadas mais subsuperficiais, devido ao alto volume de precipitação pluvial, seja pela aplicação excessiva de fertilizantes amoniacais, sem o correto manejo (FAGERIA; GHEYI, 1999).

A correção da acidez é promovida pela calagem, responsável por neutralizar o alumínio tóxico, adicionar os cátions cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) e, por consequência, elevar o pH do solo, criando condições mais propícias ao crescimento e desenvolvimento radicular, à disponibilidade de nutrientes e à absorção de água (DALLA NORA *et al.* 2013; ZANDONA *et al.*, 2015).

A aplicação de calcário ocorre em superfície, limitando sua ação às camadas mais superficiais do solo, não corrigindo a acidez das camadas subsuperficiais em tempo suficientemente razoável, constituindo um entrave à produção agrícola. Nesse sentido, o gesso é utilizado para reduzir os efeitos da acidez, quando esta ocorre nas camadas subsuperficiais (RAMPIM *et al.* 2011).

3.2 Gesso Agrícola

O gesso agrícola ou sulfato de cálcio di-hidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) é um sal neutro que pode ser adquirido como forma essencial em jazidas de gipsita encontradas no Brasil (OLIVEIRA *et al.*, 2012). O gesso tem como função beneficiar o ambiente radicular em profundidade. Após a completa dissolução no solo, devido à sua rápida mobilidade na camada arável, o gesso contribui para o aprofundamento das raízes, maior resistência aos veranicos e maior aproveitamento dos nutrientes aplicados ao solo. Assim, a utilização do gesso promove a correção de alumínio tóxico (23,4%) e adição de enxofre (18,6%) nas camadas mais profundas (SOUSA *et al.*, 2005).

O gesso, além de melhorar as condições químicas do subsolo, possui outro aspecto importante, o de ser uma importante fonte de enxofre para as plantas, tendo em vista que os solos do Cerrado, possui uma deficiência desse nutriente (SOUSA; LOBATO; REIN, 2005). Os solos do Cerrado e da Amazônia são naturalmente ácidos, representando desafios para a maioria das culturas, uma vez que, a acidez limita o uso na camada arável. A toxidez do alumínio (Al^{+3}) e a baixa disponibilidade de cálcio (Ca^{+2}) e magnésio (Mg^{+2}) são os principais fatores que limitam as produções, por comprometer o desenvolvimento radicular e absorção de água e de nutrientes em profundidade (VIELA *et al.*, 2010).

O efeito residual do gesso agrícola melhora os atributos físicos e de matéria orgânica no perfil do solo no sistema de manejo convencional, pois proporciona maior valor de porosidade total, macro e microporosidade e matéria orgânica na camada de 0,10 -0,20 m (NOGUEIRA *et al.*, 2016). A aplicação de gesso agrícola é eficiente na melhoria do ambiente radicular, no aumento das concentrações de Ca^{2+} na solução do solo; em contrapartida, uso do gesso agrícola, em alta dosagem, proporcionou redução do K^{+} em profundidade, a partir de 0,85 m (RAMOS *et al.*, 2013).

O fosfogesso, sendo outro subproduto gerado pelas indústrias de fertilizantes, se apresenta como opção para obtenção de cálcio fosfórico, é um produto que se encontra no mercado, nas mesmas condições que é preparado para o setor agrícola. Possui a mesma composição do gesso natural, possuindo como diferença a presença de impurezas, tais como matéria orgânica, ferro, metais pesados, fluoretos, fosfatos, entre outros (ALVES, 2015).

3.2.2 Utilização do gesso na agricultura do Cerrado

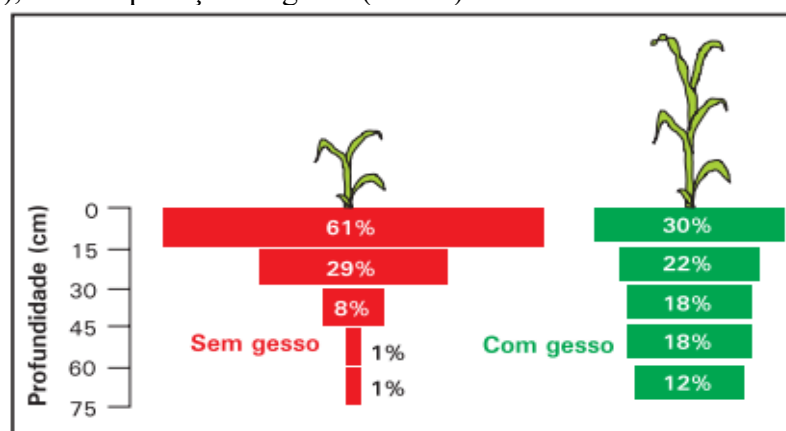
Na década de 1980, foram iniciadas pesquisas referentes ao uso do gesso agrícola na região do Cerrado. A partir de então, a prática da gessagem no Brasil tem crescido, sendo cada vez mais adotada pelos produtores, de forma gradual, tornando essa prática eficiente com relação a produção de grãos. (SOUSA, 2005)

Os solos do cerrado apresentam baixos teores de nutrientes, altos índices de acidez e elevados teores de alumínio tóxico, que impossibilitam o desenvolvimento e crescimento das raízes em profundidade (SOUSA; LOBATO, 2004; SOUSA *et al.*, 2005). Ademais, a baixa capacidade de retenção de água no perfil do solo é capaz de dificultar os problemas que reprimem o desenvolvimento adequado das plantas sujeitas a uma possível condição de estresse hídrico, no cultivo safrinha (SOUSA; LOBATO, 2004).

A influência do uso do gesso agrícola sobre a produtividade tem se destacado para a maioria das culturas anuais, sobretudo o milho e a soja. As respostas têm sido positivas, com ganhos de 10 sacos há^{-1} para a cultura da soja, e 20 sacos há^{-1} para a cultura do milho (SOUSA *et al.*, 2008).

Considerando que o uso do gesso é de grande importância por proporcionar o desenvolvimento do sistema radicular e otimizar a eficiência de água e nutrientes no perfil do solo, a aplicação melhora a absorção de nitrogênio, fósforo e potássio, em condições de deficiência hídrica, proporcionando acréscimos na produção de grãos (CAIRES *et al.*, 2001; SALDANHA *et al.*, 2007). Nesse contexto, apresenta-se a imagem para comparação da distribuição do milho com e sem a aplicação do gesso.

Figura 1. Distribuição relativa de milho no perfil de um latossolo argiloso, sem a aplicação de gesso (esquerda), com a aplicação de gesso (direita).



Fonte: (SOUSA, 2005).

A falta de aplicação do gesso pode limitar em até 90% o desenvolvimento do sistema radicular do milho, na camada de 0-30 cm (SOUSA *et al.*, 2004). Em razão da ocorrência de

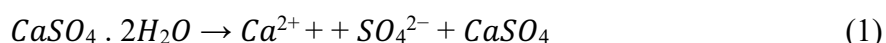
veranicos, o gesso aplicado na superfície do solo desloca-se ao longo do perfil do solo por meio da percolação de água. O aumento do aporte de cálcio e a redução da toxidez do alumínio no subsolo contribui para a elevação nos teores foliares de nutrientes e maior absorção de água após a aplicação de gesso agrícola para várias culturas, assim, o gesso, é uma alternativa para uma melhor absorção da água. (SORATTO; CRUSCIOL, 2007; SOUSA *et al.*, 2008; SORATO *et al.*, 2010).

3.2.3 Reações do gesso no solo

Gesso e calcário desencadeiam respostas diferentes no solo, mas se integralizam quanto a correção do solo, beneficiando o bom desempenho do sistema radicular e o crescimento e formação vegetal. O calcário é concentrado na camada de 0 a 0,2 m e o gesso exerce em profundidade como condicionador do solo, o calcário neutraliza a acidez e o gesso não altera o pH do solo, mas minimiza a presença de Al tóxico em profundidade (VITTI; PRIORI, 2009).

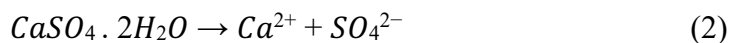
A ação do gesso agrícola ocorre de forma mais intensa nas camadas superiores do solo, visto que esse apresenta solubilidade cerca de 150 vezes maior que o carbonato de cálcio (calcário com poder relativo de neutralização total - PRNT- de 100%).

A reação de dissolução do gesso agrícola e movimentação no perfil no solo é representada pelo esquema abaixo (1):



Ocorrendo a lixiviação, de modo que cerca de 50% do gesso agrícola dissocia-se nas formas dos íons Ca^{++} e SO_4^- participando da troca iônica, funcionando como fontes de cálcio e de enxofre, respectivamente. Outra parte ($CaSO_4$) tem mobilidade e movimenta por meio de pares iônicos ($CaSO_4$, $MgSO_4$ e KSO_4^-), melhorando as condições em profundidade para o desenvolvimento do sistema radicular.

Em profundidade, ocorrem as seguintes reações (2):



Após a dissociação do sulfato de cálcio em profundidade, irá ocorrer a troca iônica do Ca^{2+} do gesso com o Al^{3+} adsorvido às argilas. Por fim, irá ocorrer a complexação do Al pelo sulfato, formando sulfato de alumínio (3), não tóxico.



Dessa maneira, a eficiência do gesso agrícola irá favorecer o incremento nos teores de Ca em profundidade e reduzir a saturação por Al pelas raízes, viabilizando a otimização do sistema radicular em profundidade.

3.3 Métodos, critérios e precauções para a recomendação de gesso

Para recomendação, a utilização do gesso agrícola pode ser dividida em três importantes critérios, como: a) saturação por bases (V%); b) textura do solo (teor de argila) (SOUSA; LOBATO, 2004); e, c) capacidade de troca de cátions (CTC) (DEMATTE, 1986; VITTI *et al.*, 2008). Em culturas anuais, os critérios de recomendação baseiam-se nos resultados da análise química do solo para a camada 0,2 a 0,4 m ou 0,4 a 0,6 m e, prezam a camada de 0,6 a 0,8 m para culturas perenes (PIENIZ, 2020).

A recomendação de gessagem mais utilizada baseia-se nos seguintes critérios: a análise química do solo para a camada 0,2 a 0,4 m ou 0,4 a 0,6 m; teor de Ca^{2+} trocável menor que 5 mmolc dm^{-3} ; Al^{3+} trocável maior que 5 mmolc dm^{-3} , e/ou saturação por Al^{3+} maior que 20% (equações 1 e 2).

Para culturas anuais:

$$NG \text{ (kg ha}^{-1}\text{)} = 50 \times \text{argila (\%)} \text{ ou } NG = 5,0 \times \text{argila (g kg}^{-1}\text{)} \quad (1)$$

Para culturas perenes:

$$NG \text{ (kg ha}^{-1}\text{)} = 75 \times \text{argila (\%)} \text{ ou } NG = 7,5 \times \text{argila (g kg}^{-1}\text{)} \quad (2)$$

A determinação da necessidade de gessagem considerando a saturação por bases segundo Vitti *et al.* (2008), Equação 3.

$$NG = \frac{(V2-V1) \times T}{500} \quad (3)$$

Em que:

NG = necessidade de gesso (t ha^{-1}); V2 = saturação por bases esperada (50%); V1 = saturação por bases atual do solo na camada de 20 a 40 cm ou 25 a 50 cm (%); T = capacidade de troca catiônica na camada de 20 a 40 cm ou 25 a 50 cm (mmolc .dm^{-3}).

A recomendação de necessidade de gessagem considera a CTC em subsuperfície (Tabela 1) e classe textural do solo para culturas anuais e perenes (Tabela 2).

A tabela 1, discorre sobre a necessidade de gessagem em função da capacidade de troca de cátions e da saturação por base.

Tabela 1 - Necessidade de Gessagem em função da CTC e da saturação por bases.

T (mmol _c dm ⁻³)	V (%)	NG (t ha ⁻¹)
< 30	< 10	2,0
	20 a 35	1,0
	< 10	3,0
30 a 60	10 a 20	2,0
	20 a 35	1,5
	< 10	3,5
60 a 100	10 a 20	3,0
	20 a 35	2,5

Fonte: (DEMATTE, 1986, 2005) apud (VITTI; PRIORI, 2010)

A tabela 2, apresenta as recomendações de necessidade de gessagem em função da classetextural do solo, tanto para culturas anuais e perenes, em diferentes texturas de solo.

Tabela 2 – Recomendação de necessidade de gessagem em função da classetextural do solo.

Textura do solo	Dose de gesso Agrícola (kg ha ⁻¹)	
	Culturas anuais	Culturas perenes
Arenosa (< 15% argila)	700	1.050
Média (16 a 35% argila)	1.200	1.800
Argilosa (36 a 60 % argila)	2.200	3.300
Muito Argilosa (>60% argila)	3.200	4.800

Fonte: (SOUSA; LOBATO; REIN, 2005) apud (VITTI; PRIORI, 2010)

Recentemente, foi proposto um novo método para o cálculo da necessidade de gessagem, que leva em consideração os seguintes critérios: aumento da saturação de Ca²⁺ na capacidade de troca catiônica efetiva (CTCe) até 60% na camada de 0,2 a 0,4 m quando esta é inferior a 54% (CAIRES; GUIMARÃES, 2018) (equação 4).

$$NG (t ha^{-1}) = (0,6 \times CTC_e - Ca^{2+} \text{ trocável em } cmol_c dm^{-3}) \times 6,4$$

(4)

Em estudos sobre a aplicação de gesso para cultivo de grãos em sistema de plantio direto em clima subtropical, foi observado que houve uma maior lixiviação em profundidade de Mg^{2+} e K^+ , nesse contexto, de modo primário para o K, não deixando de ser benéfico com o avanço das condições do crescimento radicular. Por isso, a aplicação do gesso só é necessário com recomendações para solos com elevado teor de Mg^{2+} permutável em suas camadas superficiais (PAULETTI *et al.*, 2014).

Em estudo conduzido por Almeida (2016), averigou-se que os teores de magnésio nas camadas do solo de 0- 0,20 e 0,20 - 0,40 m foram significativamente predispostos em função do uso do gesso, verificando-se uma queda nos teores desse nutriente nas camadas citadas, com o aumento da aplicação desse insumo. O gesso no solo pode reduzir o teor de magnésio devido ao aumento de íons cálcio após a dissipação, o que desloca os íons magnésio dos sítios de troca, formando pares iônicos com SO_4^{2-} (ALMEIDA, 2016).

Os solos brasileiros são considerados pobres em Mg, fator que se deve ao material de origem com baixas concentrações no nutriente, bem como a intensos processos pedogenéticos ao longo da formação dos solos nos quais produtos pertencentes ao solo são lixiviados, entre eles o Mg (CASTRO *et al.*, 2020). O calcário domíltico se apresenta como uma saída, para correção da acidez do solo, assim como, em sua composição tem cálcio e magnésio, contribuindo para a nutrição das plantas. (GALL, 2019).

3.4 O Gesso e a cultura do milho

O gesso natural é um mineral que possui materiais com propriedades ligantes, fabricado a partir do aquecimento da gipsita, sendo um mineral abundante na natureza. Sua principal composição é por sulfato de cálcio hidratado ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$). A denominação “gipsita” é reconhecidamente a mais adequada ao mineral em estado natural (LINHALES, 2003). Fosfogesso é usualmente referenciado na literatura técnica como subproduto do gesso, é o nome dado ao sulfato de cálcio gerado na produção de ácido fosfórico, como resultado da reação entre a apatita presente no concentrado fosfático e o ácido sulfúrico em meio aquoso (FERNANDES; LUZ; CASTILHOS, 2010). Assim, o gesso agrícola é rico em cálcio e enxofre (S), com pequena concentração de fósforo. É caracterizado como condicionador de solo (MEURER *et al.* 2004), possuindo pouca influência sobre o pH do meio, embora seja

capaz de suprir o efeito superficial do calcário, até no subsolo, sem a necessidade de incorporação (CAIRES *et al.* 2003).

O gesso fornece cálcio e enxofre ao solo e, ao reagir com o Al^{3+} , precipita-o, transformando-o em formas menos tóxicas, como o sulfato de alumínio (AlSO_4^+). Além disso, por ser um produto relativamente solúvel, o movimento ocorre de forma mais rápida no perfil do solo (cerca de 150 vezes mais rápido que o calcário), levando em consideração a umidade do solo (SUMNER, 1995; MASCHIETTO, 2009).

Estudos elucidaram o efeito positivo da aplicação de gesso na melhoria das condições de acidez das camadas subsuperficiais (OATES; CALDWELL, 1985; MARSH; GROVE, 1992; CARVALHO; RAIJ, 1997). Os efeitos benéficos incluem melhor desenvolvimento do sistema radicular, maior absorção de água e nutrientes, em função da elevação no teor de cálcio e da precipitação do alumínio tóxico (SUMNER *et al.*, 1986; CARVALHO; RAIJ, 1997).

O efeito positivo da aplicação de gesso agrícola sobre o aumento da produção de grãos de milho foi verificado por Caires *et al.* (1999) e Maschietto (2009). Segundo Caires *et al.* (2010), espécies da família Poaceae geralmente são mais responsivas à aplicação de gesso que os representantes da família Fabaceae. Caires *et al.* (2004) observou que a aplicação combinada de calcário e gesso proporcionou acréscimo de 17% na produtividade do milho, em Latossolo Vermelho-escuro distrófico.

A aplicação do cálcio para o potencial produtivo do milho, destaca-se a necessidade de melhorar a compreensão acerca do efeito do gesso sobre os parâmetros produtivos da espécie. Mesmo com os estudos apresentados, existe a carência de pesquisas mais recentes sobre o efeito do gesso sobre a produtividade do milho, no Cerrado (DALLA NORA *et al.*, 2013).

3.4.2 Efeito do gesso no milho

O cultivo do milho tem alcançado boas respostas de produtividade nos últimos anos, refletindo no papel socioeconômico que essa cultura desempenha para o Brasil. O avanço, tecnológico e o melhoramento genético das cultivares tem se tornado grandes aliados, a cultura do milho atingiu um novo nível de produtividade nas últimas cinco safras, quando só era viável para países como os Estados Unidos, por ser marcado como país de primeiro mundo e possuidores de ampla e tecnologia avançada (SEVERINO *et al.*, 2005; AMSTALDEN, 2013).

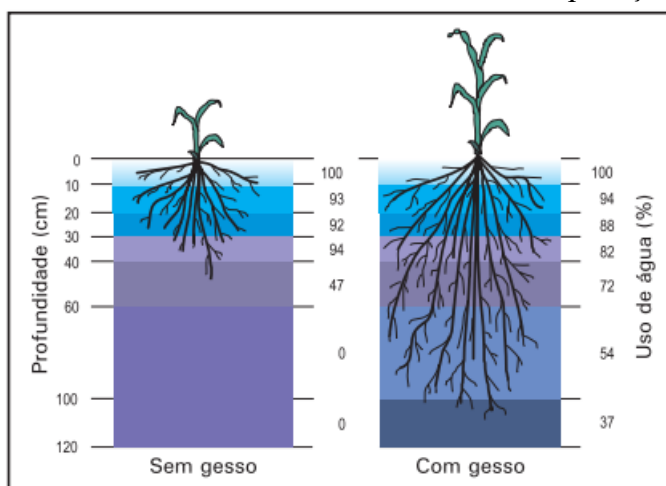
A produtividade do milho depende de diversas condições, como a interceptação de radiação no dossel, eficiência metabólica, eficiência de translocação de fotossintatos para os grãos e a capacidade de dreno (SANS; GUIMARÃES, 2010). O clima, o manejo de nutrientes, a fertilidade do solo, práticas culturais, manejo de pragas e doenças e potencial genético das cultivares, como condições que mais interferem na produtividade do milho (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

O cultivo em segunda safra (safrinha), nos meses de fevereiro a março e de julho a agosto, apresenta algumas condições desfavoráveis de chuvas, como a deficiência hídrica (BROCH; RANNO, 2009). Para atingir o máximo desempenho em cultivo safrinha, há a necessidade de adaptação das plantas às condições de solo, de modo que acarrete no aumento da exploração radicular, maximizando absorção água e nutrientes (GALVÃO; MIRANDA, 2004).

A utilização da gessagem tem sido uma das melhores alternativas para neutralizar a toxicidade de alumínio na camada subsuperficial do solo, na segunda safra (CAIRES *et al.*, 2003; SOUSA; LOBATO, 2004; OLIVEIRA *et al.*, 2007). Em razão da solubilidade do gesso agrícola e a presença de água no solo, a deslocação ao longo do perfil do solo é mais avançada, colaborando para redução da toxidez de alumínio no subsolo, ampliando a disponibilidade de enxofre e lixiviação de bases, permitindo o desenvolvimento radicular nas camadas mais profundas do solo (CASTRO *et al.*, 2013).

A disponibilidade da água pela cultura do milho, em latossolo argiloso com e sem a presença do gesso, é retratada na Figura 2.

Figura 2. Uso relativo da água disponível no latossolo argiloso pela cultura do milho, depois de veranico de 25 dias, em tratamentos sem e com a aplicação de gesso.



Fonte: sousa, 2005.

Os retornos agronômicos de aplicação de doses de gesso ao milho mostram alterações de acordo com o tipo de solo. Maluf *et al.* (2010) não verificaram efeitos da utilização de gesso em um Latossolo Vermelho Distroférico Cambilossólico, enquanto Caires *et al.*, (2004) observaram que a dose de 9 t há⁻¹ possibilitou maior produtividade da cultura, em um Latossolo Vermelho Distrófico, de textura argilosa.

Avaliando o efeito de doses de gesso agrícola sobre a produtividade do milho de segunda safra (AMARAL *et al.*, 2017), discorre que a produtividade da cultura do milho é elevada com a aplicação de 4 t ha⁻¹ de gesso agrícola. Os maiores diâmetros do caule da cultura do milho ocorreram nas doses superiores a 2 t ha⁻¹ de gesso agrícola. Desse modo, ocorreu movimentação e acréscimo da concentração de magnésio e cálcio para as camadas de 20 a 40 cm de profundidade do solo, no qual houve neutralização do alumínio trocável no solo e liberação de enxofre.

A gessagem é uma técnica de correção da acidez do solo que tem sido cada vez mais utilizada na agricultura. No caso do milho, ela se torna uma prática mais importante do que para a soja, devido à maior exigência do milho por nutrientes como cálcio e enxofre. Segundo um estudo de Silva *et al.* (2020), a gessagem pode aumentar a produtividade do milho em até 20%, além de melhorar a qualidade dos grãos. Os autores afirmam que isso ocorre porque a aplicação de gesso no solo aumenta a disponibilidade de cálcio e enxofre, além de neutralizar a acidez, o que melhora a absorção de nutrientes pelas plantas.

Já para a soja, a gessagem também pode ser benéfica, mas apresenta um efeito menos expressivo do que para o milho. De acordo com um estudo de Souza *et al.* (2021), a gessagem pode melhorar a produtividade da soja em solos ácidos e com baixa disponibilidade de cálcio e magnésio, mas o efeito é menos significativo do que para outras culturas. Os autores ressaltam que, para a soja, outras práticas como a inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio e o uso de fertilizantes nitrogenados podem ser mais importantes para a obtenção de altas produtividades.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O gesso é uma alternativa válida para minimizar elementos indesejados, como o alumínio tóxico, e a elevação de outros que são desejados, como o cálcio e o enxofre. A gessagem é importante opção para elevar a produtividade da lavoura, no entanto, esse uso deve ser feito seguindo critério para que se evite a lixiviação excessiva dos nutrientes.

A aplicação de gesso agrícola, deve acontecer mediante análise do solo. Seu uso tem se mostrado satisfatório, por apresentar resultados favoráveis, contribuindo para o aumento da exploração radicular, possibilitando uma melhor distribuição dos nutrientes.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. S. M. et al. **Uso agrícola de resíduo da produção de ácido fosfórico (gesso) associado ao cloreto de potássio**. 2016. Tese (Doutor em Engenharia Química, área de concentração em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal De Uberlândia, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/23114/1/UsoAgricolaResiduo.pdf> Acesso em: 23 fev. 2023.
- ALVES, K. C. S. K. **Estudo do fosfogesso tratado termicamente e de suas misturas com solo tropical**. 2015. Dissertação (Mestre em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil) - Universidade Federal De Goiás, 2015. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/5388/5/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20K%C3%A1rita%20Christina%20Soares%20Kanaïama%20Alves%20-%202015.pdf> Acesso em: 23 fev. 2023.
- AMARAL, L. A. et al. Efeito de doses de gesso agrícola na cultura do milho e alterações químicas no solo. *Agrarian*, v. 10, n. 35, p. 31-41, 2017.
- AMSTALDEN, A. C. **A produção e comercialização do milho: A influência do custo logístico**. 2013. Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial – ESALQ-LOG. Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2013. Disponível em: < <http://esalqlog.esalq.usp.br/a-producao-e-comercializacao-do-milho-a-influencia-do-custo-logistico-amstalden-a-c/>>. Acessado em: 27 nov 2022.
- BROCH, D. L.; RANNO, S. K. Fertilidade do solo, adubação e nutrição da cultura do milho safrinha. **TECNOLOGIA de produção: milho safrinha e culturas de inverno**, p. 5-29, 2009.
- CAIRES, E. F. et al. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 275-286, 2003.
- CAIRES, E. F.; JORIS, H. A. W.; CHURKA, S. Long-term effects of lime and gypsum additions on no-till corn and soybean yield and soil chemical properties in Southern Brazil. **Soil Use Manage.**, 27:45-53, 2010.
- CAIRES, E. F.; KUSMAN, M. T.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; ADILHA, J. M. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28:125-136, 2004.
- CAIRES, E. F. et al. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 315-327, 1999.

CAIRES, E. F.; FELDHAUS, I. C.; BLUM, J. Crescimento radicular e nutrição da cevada em função da calagem e aplicação de gesso. **Bragantia**, Campinas, v.60, n.3, p.213-223, 2001.

CARVALHO, M. C. S.; RAIJ, B. Calcium sulphate, phosphogypsum and calcium carbonate in the amelioration of acid subsoils for root growth. **Plant Soil**, 192:37-48, 1997.

CASTRO, A. M. C.; RUPPENTHAL, V.; RANDO, E. M.; MARCHIONE, M. S.; GOMES, C. J. A. Calcário e gesso no desenvolvimento do milho cultivado em um Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico. **Cultivando o Saber, Cascavel**, v. 6, n. 1, p. 8-16, 2013.

CASTRO, C. et al. **Magnésio: manejo para o equilíbrio nutricional da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 54 p. - (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; n. 430).

CONAB, COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2020/2021**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 25 set. 2022.

COUTINHO, E. L. M.; NATALE, W.; STUPIELLO, J. J.; CARNIER, P. E. Avaliação da eficiência agrônômica de fertilizantes fosfatados para a cultura do milho. **Científica**, São Paulo, v.19, p.93-104, 1991.

COCHRANE, T. T.; AZEVEDO, L. G. As savanas do trópico sul-americano; uma visão geral dos seus recursos de clima e solo para desenvolvimento agrotecnológico baseada no inventário computadorizado de sistemas de terra do CIAT/EMBRAPA. In: **SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO**, v. 6, 1982.

CRUZ, J. C.; FILHO, F. A. P.; ALVARENGA, R. C.; NETO, M. M. G.; VIANA, J. H. M.; OLIVEIRA, M. F.; SANTANA, D. P. **Manejo da Cultura do Milho**. Embrapa: SETE Lagoas, 2006.

CRUZ, J. C.; FILHO, I. A. P. Milho: como escolher a cultivar certa entre tantas alternativas. **DBO Agro ecologia**, 2009.

CRUZ, J. C.; FILHO, I. A. P.; ALVARENGA, R. C.; NETO, M. M. G.; VIANA, J. H. M. **Cultivo do Milho. Sistemas de Produção**, Embrapa: Brasília, 2010.

DALLA NORA, D. D. et al. Gesso: alternativa para redistribuir verticalmente nutrientes no perfil do solo sob sistema plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 133, n. 1, p. 8-20, 2013.

DARÓS, R. **Cultura do Milho: manual de recomendações técnicas**. Dourados, 2015.

DEMATTÊ, J. L. I.; PAGGIARO, C. M.; BELTRAME, J. A.; RIBEIRO, S. S. Uso de silicatos em cana-de-açúcar. **Informações Agrônomicas**, n.133, p.7-12, 2011.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F. **Manejo da acidez dos solos de cerrado e de várzea do Brasil**. Embrapa: Santo Antônio de Goiás, 1999.

FAGERIA, N. K.; GHEYI, H. R. **Efficient crop production**. Campina Grande: UFPB, p. 548, 1999.

FAGERIA, N. K. Efeito da calagem na produção de arroz, feijão, milho e soja em solo de cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 36, p. 1419-1424, 2001.

FARIA, J. S.; FACHIN, G.; LIMA, L. **Silagem de Milho: a escolha do híbrido ideal**. v.06, n.2, 2022.

FERNANDES, R. C.; LUZ, A. B.; CASTILHOS, Z. C. **Agrominerais para o Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010

GALL, J. **Calcário dolomítico melhora a produção e traz benefícios para o solo**. 2019. Disponível em: <https://agro20.com.br/> Acesso em 11 dez. 2022.

GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. **Tecnologias de produção do milho**. 1ª ed. Viçosa: Editora UFV, 2004. 366 p.

LINHALES, F. **Caracterização do gesso**. 2003. 22 f. Trabalho curso de curso (pós-graduação em Engenharia de Minas e Metalúrgica) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

LOPES, A. S.; GUIMARÃES, G. L. R.; RAMOS, S.J. The Saga of the Agricultural Development of the Brazilian Cerrado. **International Potash Institute**. n.32, p.29-37, 2012.

MALUF, H. J. G. M.; RAMALHO, J. R. C.; COSTA, S. G.; SILVA, J. C. O.; PINTO, S. I. C. Influência de doses de gesso agrícola na morfologia e produtividade do milho (*Zea mays* L.). In: **SEMANA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA**, v. 3., 2010.

MARSH, B. H.; GROVE, J. H. Surface and subsurface soil acidity: Soybean root response to sulfate-bearing spent lime. **Soil Science Society**. Am. J., 56:1837-1842, 1992.

MASCHIETTO, E. H. G. **Gesso agrícola na produção de milho e soja em solo de alta fertilidade e baixa acidez em subsuperfície em plantio direto**. 2009. 56 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2009. Disponível em: <https://tede2.uepg.br/jspui/handle/prefix/2200> Acesso em: 23 fev. 2023.

MEURER, E. J.; RHENHEIMER, D.; BISSANI, C. A. **Fenômeno de sorção em solos**. In: MEURER, J. E. (Ed.). Fundamentos de química do solo. 2. ed. Porto Alegre: Gênese, 2004. p. 131-179.

NOGUEIRA, K. B. et al. Atributos físicos do solo e matéria orgânica sob dois manejos e efeito residual da aplicação de calcário e gesso agrícola. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 115, n. 1, p. 45-54, 2016.

OATES, K. M.; CALDWELL, A. G. Uso de subproduto gesso para aliviar a acidez do solo. **Soil Science Society**. Am. J., 49:915-918, 1985.

OLIVEIRA, P. S. R.; FITTIPALDI, W. L. S. L.; OLIVEIRA JÚNIOR, P. R.; GUALBERTO, R.; GUIMARÃES, A. M. Efeitos de tipos de preparo do solo e uso de gesso agrícola sobre as características químicas e produtividade de milho e braquiária em cultivo consorciado. **Scientia Agraria Paranaensis, Cascavel**, v. 6, n. 1, p. 53- 65, 2007.

OLIVEIRA, M. P. de et al. Compósitos à base de gesso com resíduos de EVA e vermiculita. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 684-689, 2012.

OLIVEIRA, P.; NASCENTE, A. S.; KLUTHCOUSK, J.; PORTES, T. A. Crescimento e produtividade de milho em função da cultura antecessora. **Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia**, v. 43, n. 3, p. 239-246, 2013.

PAULETTI, Volnei 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, p. 495-505, 2014.

PEREIRA, M. M. et al. Structural and Functional Studies on the PSI–PSII Supercomplexes Isolated from Maize Thylakoid Membranes. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 3, p. 1119, 2021.

PIENIZ, C. A. **Gesso agrícola: benefícios e critérios de recomendação**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Faculdade da Amazônia (FAMA), 2020. Disponível em: <http://189.126.105.41/bitstream/123456789/155/1/TCC%20Cristian%20Pieniz.pdf> Acesso em 23 fev. 2023.

PIMENTEL, M. A. G; VIEIRA, V. A; MENDES, S. M; COSTA, R. V; ALBERNAZ, W. M. **Recomendações de boas práticas de armazenamento de milho em espiga para agricultura familiar**. Embrapa: Sete Lagoas, 2011.

PIVETTA, L. A. et al. Aplicação de gesso, fertilidade do solo e crescimento radicular do algodoeiro. **Bragantia**, v. 78, n. 2, p. 264–273, 2019.

RAMPIM, L. et al. Atributos químicos de solo e resposta do trigo e da soja ao gesso em sistema semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1687-1698, 2011.

RAMOS, B. Z. et al. Doses de gesso em cafeeiro: influência nos teores de cálcio, magnésio, potássio e pH na solução de um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 4, p. 1018-1026, 2013.

SANTOS, P. R. B. et al. Photoprotection mechanisms and their impact on the photosynthetic efficiency of maize (*Zea mays* L.). **Photosynthetica**, v. 58, n. 1, p. 216-231, 2020.

SANS, L. M. A.; GUIMARÃES, D. P. **Cultivo do milho. Embrapa Milho e Sorgo**. Sistema de Produção. Embrapa, 2010.

SANO, E.E.; ROSA, R.; BRITO, J.L.S.; FERREIRA, L.G. Notas Científicas Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.43, n.1, p.153-156, 2008.

SALDANHA, E. C. M.; ROCHA, A.T.; OLIVEIRA, E. C. A.; NASCIMENTO, C. W. A.; FREIRE, F. J. Uso do gesso mineral em Latossolo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.20, n.1, p.36-42, 2007.

SEVERINO, F. J.; CARVALHO, S. J. P.; CHRISTOFFOLETI, Pedro Jacob. Interferências mútuas entre a cultura do milho, espécies forrageiras e plantas daninhas em um sistema de consórcio: II-implicações sobre as espécies forrageiras. **Planta daninha**, v. 24, p. 45-52, 2005.

SILVA, F. F. et al. Gessagem e seu efeito no milho. **Revista Eletrônica do Agronegócio**, v. 14, n. 1, p. 40-52, 2020.

SILVA, L. E. B. et al. Desenvolvimento da cultura do milho (*Zea mays* L.): revisão de literatura. **Diversitas Journal**, v. 5, n. 3, p. 1636-1657, 2020.

SILVEIRA, P. M.; ZIMMERMANN, F. J. P.; SILVA, S. C.; CUNHA, A. A. Amostragem e variabilidade espacial de características químicas de um latossolo submetido a diferentes sistemas de preparo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 10, p. 2057-2064, out. 2000.

SOUSA, D. M. G.; REIN, T. A. **Manejo da fertilidade do solo para culturas anuais: experiências no cerrado**. Informações Agronômicas, IPNI, Piracicaba, n.126, p.1-7, 2009.

SOUSA, D. M. G. **Uso de gesso agrícola nos solos do Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. **Uso de gesso agrícola nos solos do cerrado**. 2ª ed. Brasília: Embrapa Cerrados, n. 32, p. 19, 2005.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. **Uso do gesso agrícola nos solos do Cerrado**. Embrapa Cerrados. Circular Técnica, v. 32, 2004.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E.; REIN, T. A. Adubação com fósforo. In: **SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, p. 147-168, 2004.

SOUSA, D. M. G.; REIN, T. A.; ALBRECH, J. C. Resposta a gesso pela cultura do algodão cultivada em sistema de plantio direto em um Latossolo de Cerrado. In: **SIMPÓSIO NACIONAL DO CERRADO**, v. 9, 2008.

SOUZA, J. M. et al. Gessagem em soja: um estudo sobre a correção da acidez do solo. **Anais do Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 2021. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1132022/1/artigo%2023.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2023.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Cátions hidrossolúveis na parte aérea de culturas anuais mediante aplicação de calcário e gesso em superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p.81-90, 2007.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; MELLO, F. Componentes da produção e produtividade de cultivares de arroz e feijão em função de calcário e gesso aplicados na superfície do solo. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.4, p.965-974, 2010.

SUMNER, M. E et al. Melhoria de um perfil de solo ácido através de calagem profunda e aplicação superficial de gesso. **Soil Science Society of America Journal**, v. 50, n. 5, pág. 1254-1258, 1986.

SUMNER, M. E. Melhoria da acidez do subsolo com perturbação mínima. In: JAYAWARDANE, N.S.; STEWART, B.A. **Técnicas de gestão do subsolo**. Atenas, Lewis Publishers, p.147-185, 1995.

VALECENTE, F. H. **Manejo Integrado de pragas na cultura do milho**. Embrapa: Sete Lagoas, 2015.

VILELA, L. C. et al. Propriedades químicas de Latossolo Vermelho em função da aplicação de gessagem e calagem. **Ciências Aglárias e Ambientais**, v. 8, n. 1, p. 19-27, 2010.

VITTI, G.C.; LUZ, P. H.de C.; MALAVOLTA, E.; DIAS, A. S.; SERRANO, C. G. de E. **Uso do gesso em sistemas de produção agrícola**. Piracicaba: GAPE, 2008.

VITTI, G. C.; PRIORI, J. C. Calcário e Gesso: os corretivos essenciais ao plantio direto. **Visão Agrícola**, v. 9, p. 30-4, 2009.

VITTI, G. C. *et al.* Estudos confirmam efeitos favoráveis do gesso agrícola à cultura do milho. **Visão Agrícola**. 2015.

ZANDONA, R. R. et al. Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, p. 128-137, 2015.