



EFEITO DA CALAGEM E GESSAGEM NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DO MILHO EM SOLOS DISTRÓFICOS DO CERRADO

USE OF LIMING AND GYPSUM APPLICATION ON THE INITIAL DEVELOPMENT OF MAIZE IN DYSTROPHIC SOILS OF THE CERRADO

Hidervan Costa da SILVA

Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)

E-mail: lisboahider280@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0009-0004-1437-7607>

Daiene Isabel da Silva LOPES

Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)

E-mail: daieneisabel@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2416-4961>

Durval Nolasco das Neves NETO

Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)

E-mail: durval.nolasco@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1760-6685>

RESUMO

A acidez e a toxicidade por alumínio (Al^{3+}) em solos distróficos são fatores limitantes para a produtividade agrícola no Cerrado. Este trabalho, conduzido no Centro Universitário Unitpac em Araguaína - TO, teve como objetivo avaliar os efeitos da calagem e da gessagem no desenvolvimento inicial de plantas de milho (*Zea mays* L.). O experimento foi conduzido em vasos utilizando um delineamento com quatro tratamentos: T1 (Areia lavada - controle sem nutrientes); T2 (Solo com cascalho sem correção); T3 (Solo corrigido com calcário); e T4 (Solo corrigido com calcário e gesso). Foram avaliados o comprimento do sistema radicular e da parte aérea, bem como o peso seco de raiz, colmo e folhas aos 37 dias após o plantio. O tratamento T1, embora tenha apresentado o maior comprimento radicular (63,0 cm) devido à busca por nutrientes, resultou em plantas com o menor desenvolvimento da parte aérea e acúmulo de biomassa. Os tratamentos com correção (T3 e T4) foram estatisticamente superiores aos demais em termos de comprimento foliar e peso de biomassa. O tratamento T4 (calcário + gesso) apresentou os maiores valores numéricos para peso de raiz ($53,14 \text{ kg ha}^{-1}$), colmo ($24,40 \text{ kg ha}^{-1}$) e folhas ($24,01 \text{ kg ha}^{-1}$), indicando um

benefício adicional da gessagem na melhoria do ambiente radicular. Conclui-se que a correção do solo com calcário é fundamental para o desenvolvimento inicial do milho, e a adição de gesso potencializa o acúmulo de biomassa, promovendo um sistema radicular mais robusto.

Palavras-chave: Zea mays L. Acidez do solo. Toxicidade por alumínio. Calagem. Gessagem.

ABSTRACT

Acidity and aluminum (Al^{3+}) toxicity in dystrophic soils are limiting factors for agricultural productivity in the Cerrado region. This study, conducted at the Unitpac University Center in Araguaína-TO, aimed to evaluate the effects of liming and gypsuming on the initial development of corn plants (*Zea mays* L.). The experiment was carried out in pots using a design with four treatments: T1 (Washed sand - nutrient-free control); T2 (Gravelly soil without amendment); T3 (Soil amended with limestone); and T4 (Soil amended with limestone and gypsum). Root and shoot length, as well as dry weight of roots, stem, and leaves, were evaluated at 37 days after planting. The T1 treatment, despite showing the greatest root length (63.0 cm) due to nutrient foraging, resulted in plants with the poorest shoot development and biomass accumulation. The amended treatments (T3 and T4) were statistically superior to the others in terms of leaf length and biomass weight. The T4 treatment (limestone + gypsum) showed the highest numerical values for root (53.14 kg ha^{-1}), stem (24.40 kg ha^{-1}), and leaf (24.01 kg ha^{-1}) weight, indicating an additional benefit of gypsum in improving the root environment. It is concluded that soil amendment with limestone is fundamental for the initial development of corn, and the addition of gypsum enhances biomass accumulation by promoting a more robust root system.

Keywords: Zea mays L. Soil acidity. Aluminum toxicity. Liming. Gypsum application.

INTRODUÇÃO

A expansão da fronteira agrícola brasileira sobre os solos do bioma Cerrado, embora represente um grande potencial produtivo, enfrenta como principal desafio a química adversa desses solos. Predominantemente compostos por Latossolos

(Oxisols), eles são naturalmente ácidos, intemperizados, com baixa capacidade de troca catiônica e elevados níveis de saturação por alumínio (Al^{3+}), que é fitotóxico (Fageria; Baligar, 2008). Essas características representam um dos maiores obstáculos para a sustentabilidade da produção de grãos em larga escala, exigindo um manejo corretivo criterioso (Silva et al, 2021).

Para culturas de alta demanda nutricional e sensíveis à acidez, como o milho (*Zea mays* L.), a presença de Al^{3+} na solução do solo é diretamente prejudicial, pois causa a inibição do alongamento e da divisão celular das raízes, restringindo severamente a capacidade da planta de explorar o solo em busca de água e nutrientes (Kochian; Piñeros; Hoekenga, 2005). A prática agrônômica primária para mitigar este problema é a calagem, que consiste na aplicação de calcário para elevar o pH da camada arável, neutralizar o Al^{3+} tóxico e fornecer cálcio e magnésio. Contudo, a baixa mobilidade dos agentes corretivos do calcário no perfil do solo limita sua ação, em grande parte, à profundidade de incorporação (Caires et al, 2013).

Como consequência, é comum a formação de um perfil de solo onde a camada superficial é corrigida, mas o ambiente subsuperficial permanece ácido e hostil ao desenvolvimento radicular. Para superar essa barreira química em profundidade, a gessagem se destaca como uma prática complementar essencial. A maior solubilidade do gesso agrícola permite que o cálcio e o sulfato lixiviem para camadas mais profundas, onde promovem a melhoria do ambiente radicular, principalmente pela complexação do Al^{3+} e pelo aumento do teor de cálcio no perfil do solo (Ritchey et al, 1982). Um sistema radicular mais profundo e robusto aumenta a eficiência no uso da água e dos nutrientes, conferindo maior resiliência da cultura a períodos de veranico, um fator decisivo para a estabilidade da produção (Tiecher et al, 2018).

Diante do exposto, o manejo combinado da calagem e gessagem é uma estratégia crucial para a construção de um perfil de solo quimicamente favorável em profundidade. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes estratégias de correção do solo, utilizando calcário e gesso, no desenvolvimento inicial e no acúmulo de biomassa de plantas de milho cultivadas em solos distróficos.

REFERENCIAL TEÓRICO

Interação entre Acidez do Solo e Disponibilidade de Nutrientes

O potencial hidrogeniônico (pH) do solo é considerado uma variável mestra que governa uma série de reações químicas e biológicas, influenciando diretamente a disponibilidade dos nutrientes para as plantas. Em solos excessivamente ácidos (pH < 5,5), a disponibilidade da maioria dos macronutrientes, como Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S), é reduzida. O fósforo, em particular, é fortemente afetado, pois em pH baixo ele é adsorvido por óxidos de ferro e alumínio, formando compostos de baixa solubilidade e tornando-se indisponível para a absorção pelas raízes, mesmo que esteja presente no solo (Havlin et al, 2013).

Por outro lado, a acidez excessiva aumenta a solubilidade de micronutrientes como Manganês (Mn), Ferro (Fe) e Zinco (Zn), que podem atingir níveis tóxicos para as plantas. A correção da acidez, portanto, visa elevar o pH a uma faixa ótima, geralmente entre 5,5 e 6,5, na qual ocorre um equilíbrio que maximiza a disponibilidade dos nutrientes essenciais e minimiza a presença de elementos tóxicos (Fageria; Baligar, 2008).

Resposta Fisiológica das Plantas à Toxicidade por Alumínio

A principal manifestação da toxicidade por alumínio (Al^{3+}) em plantas ocorre no sistema radicular. O alvo primário do Al^{3+} é o ápice da raiz, a região responsável pelo crescimento e pela absorção de água e nutrientes. A exposição ao alumínio tóxico provoca uma rápida inibição do alongamento radicular, um efeito que pode ser observado em questão de horas. Fisiologicamente, o Al^{3+} interfere em múltiplos processos celulares: ele se liga à parede celular, reduzindo sua elasticidade; danifica a membrana plasmática, alterando o transporte de íons; e inibe a absorção e o transporte de nutrientes essenciais, especialmente o cálcio e o magnésio (Delhaize; Ryan, 1995).

Como resultado, as raízes tornam-se grossas, curtas, quebradiças e com poucas ramificações, formando um sistema radicular superficial e ineficiente. Essa limitação no desenvolvimento radicular compromete toda a planta, que passa a apresentar

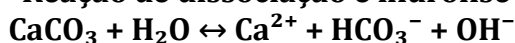
sintomas de deficiências nutricionais e de estresse hídrico na parte aérea, culminando em severa redução do crescimento e da produtividade (Kochian; Piñeros; Hoekenga, 2005).

Calagem e a Correção da Acidez Superficial

A calagem é a principal prática para neutralizar a acidez e o alumínio tóxico (Al^{3+}) na camada arável do solo. Ao reagir com a água, o calcário libera íons que neutralizam os íons H^+ da solução do solo e precipitam o Al^{3+} na forma de hidróxidos insolúveis e não tóxicos. Além de corrigir a acidez, essa prática aumenta a disponibilidade de nutrientes como fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), e estimula a atividade de microrganismos benéficos (Fageria; Baligar, 2008). A efetividade da calagem em promover o desenvolvimento do milho em solos ácidos é amplamente documentada, sendo um pré-requisito para a obtenção de altas produtividades (Caires et al., 2013).

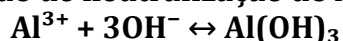
O processo químico inicia-se com a dissociação do carbonato de cálcio (CaCO_3) em água, liberando o ânion carbonato (CO_3^{2-}), que hidrolisa a água e forma íons hidroxila (OH^-) (Formula 1).

Formula 1 – Reação de dissociação e hidrólise do Calcário



Esses íons OH^- neutralizam a acidez ativa (H^+) da solução do solo e reagem com a acidez potencial (Al^{3+} trocável), precipitando o alumínio na forma de hidróxido de alumínio ($\text{Al}(\text{OH})_3$), um composto insolúvel e não tóxico para as plantas (Formula 2) (Cocato; Souza, 2024).

Formula 2 – Reação de neutralização do Al^{3+} pela hidroxila

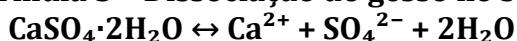


Gessagem como Condicionador Subsuperficial

Enquanto a calagem corrige a camada superficial, a gessagem melhora o ambiente radicular em profundidade. O gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) é mais solúvel que o calcário e, ao se dissolver, libera os íons Ca^{2+} e SO_4^{2-} . O par iônico CaSO_4 , que se

forma na solução, é neutro e possui alta mobilidade, percolando facilmente no perfil do solo (Formula 3).

Formula 3 – Dissociação do gesso no solo



Em subsuperfície, o íon sulfato (SO_4^{2-}) complexa o Al^{3+} tóxico, reduzindo sua atividade, e o cálcio (Ca^{2+}) atua como um "desbravador" para as raízes, estimulando seu crescimento em profundidade (RITCHIEY et al., 1982). A gessagem não altera significativamente o pH, mas melhora o ambiente químico subsuperficial, permitindo que as raízes acessem água e nutrientes em camadas mais profundas. Essa melhoria do sistema radicular está associada a maiores produtividades e maior tolerância da cultura a períodos de seca, como demonstrado em estudos com milho safrinha (Lima et al., 2021) e em revisões sistemáticas sobre o tema (Tiecher et al., 2018).

97

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no setor do curso de Agronomia da Afya Centro Universitário UNITPAC, em Araguaína – TO. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e repetições.

Os tratamentos consistiram em:

T1 (Controle Absoluto): Vasos preenchidos com areia lavada, para avaliar o desenvolvimento da planta sem a presença de nutrientes e barreiras químicas;

T2 (Solo Distrófico): Vasos preenchidos com um solo local com alta presença de cascalho, sem aplicação de corretivos (calcário ou gesso);

T3 (Solo Corrigido - Calagem): Vasos com o mesmo solo do T2, que recebeu correção com calcário dolomítico;

T4 (Solo Corrigido - Calagem e Gessagem): Vasos com o mesmo solo do T2, que recebeu correção com calcário dolomítico e aplicação de gesso agrícola.

O solo dos tratamentos T2, T3 e T4 foi coletado de uma área com histórico de culturas anuais. A calagem para T3 e T4 foi realizada em 04 de outubro de 2023, visando elevar a saturação por bases para 70%, resultando numa dose de 5 t ha^{-1} . A

aplicação de gesso no T4 foi realizada em 15 de fevereiro de 2024, utilizando a mesma dosagem do calcário (5 t ha⁻¹).

Os tratamentos foram acondicionados em vasos com capacidade para 5 kg de solo. A semeadura foi realizada com o híbrido de milho Feroz (NK), de dupla aptidão. A adubação de base consistiu em 200 kg ha⁻¹ de MAP, com uma adubação de cobertura de 50 kg ha⁻¹ de N e 50 kg ha⁻¹ de K₂O, realizada quando as plantas apresentavam de 4 a 5 folhas.

Aos 37 dias após o plantio, as plantas foram coletadas para avaliação das seguintes variáveis:

- Comprimento da maior raiz (cm);
- Comprimento da parte aérea (do colo da planta até a última folha expandida) (cm);
- Peso de matéria seca da raiz (convertido para kg ha⁻¹);
- Peso de matéria seca do colmo (convertido para kg ha⁻¹);
- Peso de matéria seca das folhas (convertido para kg ha⁻¹).

Os dados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS

Os dados referentes ao desenvolvimento inicial das plantas de milho aos 37 dias após o plantio estão apresentados na Tabelas 1.

Tabela 1: Comprimento radicular e foliar, peso do colmo, raízes e folhas de milho.

Comprimento de raiz (cm)					
T1	T4	T2	T3	F (anova)	p-valor
63,0 a	59,6 ab	42,4 b	41,0 b	5,708	0,0076
Comprimento foliar da planta (cm)					
T4	T3	T2	T1	F (anova)	p-valor
43,8 a	40,0 a	29,4 b	15,4 c	24,839	<0,0001
Peso de raiz (Kg ha ⁻¹)					
4	T3	T2	T1	F (anova)	p-valor
53,14 a	49,60 a	48,03 a	8,66 b	207,828	<0,0001
Peso de colmo (Kg ha ⁻¹)					
T4	T3	T2	T1	F (anova)	p-valor
24,40 a	22,0 ab	18,89 b	2,36 c	141,731	<0,0001
Peso de folha (Kg ha ⁻¹)					
T4	T3	T2	T1	F (anova)	p-valor

24,01 a	22,44 a	20,47 a	4,33 b	94,355	<0,0001
---------	---------	---------	--------	--------	---------

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem entre si para o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Para o comprimento radicular (Tabela 1), o tratamento T1 (areia) apresentou o maior valor (63,0 cm), diferindo estatisticamente dos tratamentos T2 (42,4 cm) e T3 (41,0 cm). O tratamento T4 (calcário + gesso), com 59,6 cm, não apresentou diferença estatística em relação ao T1, mas foi superior ao T2 e T3.

No que tange ao comprimento foliar da parte aérea (Tabela 1), os tratamentos T3 (40,0 cm) e T4 (43,8 cm) foram estatisticamente iguais entre si e superiores aos demais. O tratamento T2 (29,4 cm) foi superior ao T1 (15,4 cm), que apresentou o menor desenvolvimento foliar entre todos os tratamentos.

A análise do acúmulo de matéria seca (Tabela 1) revelou que, para o peso de raiz, os tratamentos T4 (53,14 kg ha⁻¹), T3 (49,60 kg ha⁻¹) e T2 (48,03 kg ha⁻¹) não diferiram entre si, mas foram significativamente superiores ao T1 (8,66 kg ha⁻¹).

Para o peso do colmo (Tabela 1), o tratamento T4 (24,40 kg ha⁻¹) foi estatisticamente superior ao T2 (18,89 kg ha⁻¹) e ao T1 (2,36 kg ha⁻¹), não diferindo do T3 (22,0 kg ha⁻¹). O tratamento T3, por sua vez, foi superior ao T1.

Finalmente, para o peso de folhas (Tabela 1), os tratamentos T4 (24,01 kg ha⁻¹), T3 (22,44 kg ha⁻¹) e T2 (20,47 kg ha⁻¹) foram estatisticamente semelhantes entre si e todos superiores ao T1 (4,33 kg ha⁻¹).

DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo demonstram claramente o impacto das práticas de correção na fase inicial do desenvolvimento do milho. A superioridade dos tratamentos com solo corrigido (T3 e T4) em praticamente todas as variáveis de parte aérea e biomassa evidencia que a neutralização da acidez é o fator primordial para o estabelecimento da cultura, visto que a acidez e a toxicidade por alumínio são os principais fatores que limitam a produtividade em solos tropicais (Fageria; Baligar, 2008).

O comportamento do T1 (areia), embora trivial para fins de produção, serve como um importante controle fisiológico. O expressivo alongamento radicular, desacompanhado de um acúmulo proporcional de biomassa, é uma resposta clássica da planta à busca por nutrientes em um ambiente extremamente pobre. A planta

investiu sua energia na expansão das raízes em detrimento da parte aérea, um esforço que se mostrou insustentável, como visto no seu baixo desenvolvimento foliar.

O T2 (solo distrófico), que recebeu fertilizantes, mas não corretivos, teve um desempenho muito limitado. Isso confirma um princípio fundamental da fertilidade do solo: em condições de acidez elevada, a eficiência da adubação é drasticamente reduzida. O alumínio tóxico é um dos fatores mais limitantes ao crescimento radicular, pois inibe o alongamento celular no ápice da raiz (Kochian; Piñeros; Hoekenga, 2005). Além do dano físico, o Al^{3+} interfere negativamente na absorção de nutrientes de duas maneiras: danificando a morfologia do sistema radicular, que se torna incapaz de explorar o solo, e competindo diretamente com cátions essenciais como Ca^{2+} e Mg^{2+} pelos sítios de absorção, induzindo deficiências severas (Marschner, 2012). Isso explica por que, mesmo com a aplicação de fertilizantes, as plantas do T2 não conseguiram se desenvolver adequadamente.

A comparação entre T3 (calagem) e T2 mostra o efeito direto e benéfico do calcário. Ao elevar o pH e neutralizar o Al^{3+} na camada corrigida, a calagem "destravou" o potencial do solo. Essa melhoria do ambiente químico não apenas forneceu cálcio e magnésio, mas também aumentou a disponibilidade de outros nutrientes, notadamente o fósforo (P). Em solos ácidos, o P é fortemente fixado em óxidos de ferro e alumínio, e a elevação do pH promovida pela calagem reduz essa fixação, tornando-o mais disponível para a planta (Fageria; Baligar, 2008). Como o fósforo é vital para os processos energéticos (ATP) e para o crescimento inicial das raízes, sua maior disponibilidade no T3 é um fator chave que explica o salto no acúmulo de biomassa observado.

O ponto central do estudo reside na comparação entre o T4 (calagem + gessagem) e o T3 (apenas calagem). Embora a diferença estatística nem sempre tenha sido significativa neste estágio inicial, o T4 apresentou os maiores valores numéricos para todas as variáveis de biomassa. Isso sugere que a gessagem promoveu um benefício adicional ao iniciar a construção de um perfil de solo favorável em profundidade. O gesso atua como um condicionador que melhora o ambiente radicular em subsuperfície, especialmente pelo fornecimento de cálcio lixiviado (Ritchey et al, 1982; Caires; Feldhaus; Barth, 1998).

Um sistema radicular mais profundo e vigoroso, mesmo que em formação, permite à planta acessar um volume maior de solo, o que se torna uma vantagem competitiva crucial em condições de campo. Essa maior exploração radicular está diretamente associada a um aumento na absorção de água, conferindo às plantas maior tolerância aos períodos de estresse hídrico (veranicos), comuns na região do Cerrado, e resultando em maior estabilidade da produtividade (Soratto; Crusciol; Castro, 2005). A tendência de superioridade do T4 está, portanto, alinhada com a literatura, que demonstram ganhos de produtividade com o uso de gesso, onde um sistema radicular profundo é decisivo (Tiecher et al., 2018; Lesa; Lesa; Neves Neto, 2022).

CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou que a correção da acidez do solo com calcário é uma prática indispensável para o desenvolvimento inicial do milho em solos distróficos, promovendo um significativo acúmulo de biomassa na parte aérea e nas raízes. A utilização combinada de gesso e calcário, por sua vez, potencializou os resultados, proporcionando as melhores condições para o crescimento da cultura, com tendência a um maior acúmulo de biomassa em todos os compartimentos da planta. O gesso se mostrou um condicionador eficaz, promovendo um sistema radicular mais robusto, cujo benefício, embora já perceptível em 37 dias, tende a ser mais pronunciado em fases posteriores do ciclo e em condições de campo. Confirma-se que a fertilização do solo, sem a devida correção de acidez, limita severamente o potencial de desenvolvimento do milho.

REFERÊNCIAS

CAIRES, E. F.; FELDHAUS, I. C.; BARTH, G. Resposta do milho à calagem e à aplicação de gesso em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 22, n. 2, p. 299-306, 1998. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/wM363b3nJ5pL5yGqN3H7bSg/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 17 agosto 2025.

CAIRES, E. F. et al. **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. Disponível em:

EFEITO DA CALAGEM E GESSAGEM NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DO MILHO EM SOLOS DISTRÓFICOS DO CERRADO. Hidervan Costa da SILVA; Daiene Isabel da Silva LOPES; Durval Nolasco das Neves NETO. JNT Facit Business and Technology Journal. QUALIS B1. ISSN: 2526-4281 - FLUXO CONTÍNUO. 2025 - MÊS DE OUTUBRO - Ed. 67. VOL. 03. Págs. 92-103. <http://revistas.faculdefacit.edu.br>. E-mail: jnt@faculdefacit.edu.br.

<https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/489/450>. Acesso em: 18 agosto 2025.

DELHAIZE, E.; RYAN, P. R. **Aluminum toxicity and tolerance in plants**. Plant Physiology, v. 107, n. 2, p. 315-321, 1995. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC157152/>. Acesso em: 18 agosto 2025.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Ameliorating soil acidity of tropical Oxisols by liming for sustainable crop production. **Advances in Agronomy**, v. 99, p. 345-399, 2008. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)00407-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)00407-0). Acesso em: 10 agosto 2025.

HAVLIN, J. L. et al. **Soil fertility and nutrient management: an introduction**. 8. ed. Upper Saddle River: Pearson, 2013. Disponível em: <https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/soil-fertility-and-fertilizers-an-introduction-to-nutrient-management/P200000003460/9780135033739>. Acesso em: 08 agosto 2025.

KOCHIAN, L. V.; PIÑEROS, M. A.; HOEKENGA, O. A. **The physiology, genetics and molecular biology of plant aluminum resistance and toxicity**. Plant and Soil, v. 274, p. 175-195, 2005. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-004-1158-7>. Acesso em: 08 agosto 2025.

LESA, S. B. P.; LESA, P. A. P.; NEVES NETO, D. N. Eficiência da aplicação de agente redutor líquido automotivo (arla-32) como fertilizante foliar nitrogenado em pastagem. **Research, Society and Development**, v. 11, n.15, e417111537513, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/rsd/article/view/37513/31150>. Acesso em: 08 agosto 2025.

LIMA, L. S. et al. Uso do gesso agrícola em milho safrinha no cerrado de baixa altitude. In: **SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA**, 11., 2021, Sete Lagoas. Anais [...]. Brasília, DF: Embrapa, 2021. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/229227/1/Uso-gesso.pdf>. Acesso em: 17 agosto 2025.

MARSCHNER, P. (ed.). **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. London: Academic Press, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/book/9780123849052/marschners-mineral-nutrition-of-higher-plants>. Acesso em: 13 agosto 2025.

RITCHEY, K. D. et al. Calcium leaching to increase rooting depth in a Brazilian Savannah Oxisol. **Agronomy Journal, Madison**, v. 74, n. 1, p. 40-44, 1982. Disponível em: <https://doi.org/10.2134/agronj1982.00021962007400010011x>. Acesso em: 10 agosto 2025.

SILVA, M. S. et al. **Correção da acidez do solo, sistema de cultivo**. Embrapa, 2021. (Agência de Informação Embrapa). Disponível em:

EFEITO DA CALAGEM E GESSAGEM NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DO MILHO EM SOLOS DISTRÓFICOS DO CERRADO. Hidervan Costa da SILVA; Daiene Isabel da Silva LOPES; Durval Nolasco das Neves NETO. JNT Facit Business and Technology Journal. QUALIS B1. ISSN: 2526-4281 - FLUXO CONTÍNUO. 2025 - MÊS DE OUTUBRO - Ed. 67. VOL. 03. Págs. 92-103. <http://revistas.faculdefacit.edu.br>. E-mail: jnt@faculdefacit.edu.br.

<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/arroz/producao/sistema-de-cultivo/arroz-irrigado-na-regiao-tropical/correcao-do-solo-e-adubacao/correcao-da-acidez-do-solo>. Acesso em: 06 agosto 2025.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; CASTRO, G. S. A. **Gesso em superfície e calagem em subsuperfície na cultura do milho em sistema de plantio direto**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 40, n. 4, p. 315-322, abr. 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/3g498P5Y4xQjJpMv5zL7x9p/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 06 agosto 2025.

TIECHER, T. et al. Crop response to gypsum application to subtropical soils under no-till in Brazil: a systematic review. **Soil and Tillage Research**, v. 182, p. 20-30, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.04.017>. Acesso em: 10 agosto 2025.