

**DESENVOLVIMENTO DE HELIANTHUS ANNUS SUBMETIDO A DOSES DE  
CALCÁRIO E ESCÓRIA SIDERÚRGICA EM ARGISSOLO DE TEXTURA  
ARENOSA DO NOROESTE PARANAENSE**

Raphael Gustavo Pedroso Delanhese<sup>1\*</sup>, Antonio Nolla<sup>1</sup>, João Victor Pinho Nunes<sup>1</sup>, Mateus de Oliveira Macedo<sup>1</sup>, João Pedro Marquezini Camilo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Maringá – UEM, Departamento de Ciências Agrônômicas, Campus de Umuarama, Estrada da Paca s/nº, Bairro São Cristóvão, Umuarama – PR, CEP: 87020-900. E-mail: [raphaelpedroso38@gmail.com](mailto:raphaelpedroso38@gmail.com), [anolla@uem.br](mailto:anolla@uem.br), [joao.victor.pinho.nunes.19@gmail.com](mailto:joao.victor.pinho.nunes.19@gmail.com), [mateus03macedo@gmail.com](mailto:mateus03macedo@gmail.com), [joaopedromarquezinacamilo@gmail.com](mailto:joaopedromarquezinacamilo@gmail.com)

\*autor correspondente: [raphaelpedroso38@gmail.com](mailto:raphaelpedroso38@gmail.com)

**RESUMO:** O cultivo do girassol vem evoluindo no Brasil, mas não existe recomendação de calagem em solos agricultáveis do Paraná. O calcário é o produto de uso comum, mas apresenta baixa mobilidade no solo. Com opção, tem sido usado escória siderúrgica, considerado corretivo de acidez do solo. Objetivou-se avaliar o desenvolvimento de girassol submetido a doses de calcário e silicato para estabelecer indicadores de correção de acidez em Argissolo Vermelho distrófico típico. Os tratamentos consistiram da aplicação de calcário e silicato de cálcio e magnésio para elevar a saturação por bases (V) até 18, 40, 50, 60, 70 e 80%. Cultivou-se girassol por 75 dias. No período da colheita, avaliou-se a massa de matéria seca e fresca da parte aérea, a altura de plantas e o rendimento de grãos dos aquênios. O uso de calcário e silicato de cálcio no solo promoveram aumento no desenvolvimento do girassol. O maior incremento de produtividade ocorreu com a aplicação média de 2,87 e 3,24 t ha<sup>-1</sup> de calcário e silicato, respectivamente, o que equivale a V de 70%.

**PALAVRAS-CHAVE:** Girassol, corretivos, capacidade de troca catiônica.

**DEVELOPMENT OF HELIANTHUS ANNUS SUBJECTED TO DOSES OF  
LIMESTONE AND STEEL SLAG IN SANDY ARGISOL OF NORTHWESTERN  
PARANÁ**

**ABSTRACT:** Sunflower cultivation has been evolving in Brazil, but there are no recommendations for liming arable soils in Paraná. Limestone is the traditional product, but it is not very mobile in the soil. Alternatively, steel slag, considered a soil acidity corrector, has been used. The objective of this study was to evaluate sunflower development subjected to limestone and silicate doses to establish indicators of acidity correction in a sandy-textured argisol. The treatments consisted of limestone and calcium and magnesium silicate applications to increase base saturation to 18, 40, 50, 60, 70, and 80%. Sunflowers were grown for 75 days. During harvest, shoot dry and fresh matter mass, plant height, and achene grain yield were evaluated. The use of limestone and calcium silicate in the soil promoted increased sunflower plant development. The greatest increase in productivity occurred with the average application of 2.87 and 3.24 t ha<sup>-1</sup> of limestone and silicate, respectively, which is equivalent to V = 70% .

**KEY WORDS:** Phosphate fertilization, regional characteristics, specific fixation

## INTRODUÇÃO

Os solos brasileiros expõem em grande parte algumas limitações de produtividade causadas pelo efeito da acidez (Sousa et al., 2007). Essa condição gera alterações químicas na fertilidade dos solos, dispondo na CTC (Capacidade de Troca Catiônica) alguns elementos tóxicos e a falta dos nutrientes para desenvolvimento das plantas (Nolla e Anghinoni, 2004).

O girassol (*Helianthus annuus*) é uma espécie oleaginosa que apresenta características agronômicas importantes, como maior resistência à seca, ao frio e ao calor do que a maioria das espécies normalmente cultivadas no Brasil. Apresenta ampla adaptabilidade às diferentes condições edafoclimáticas e seu rendimento é pouco influenciado pela latitude, pela altitude e pelo fotoperíodo. Tendo em vista essas características, apresenta-se como uma opção nos sistemas de rotação e sucessão de culturas nas regiões produtoras de grãos (Castro, 1996).

A Formação Arenito Caiuá abrange aproximadamente 3,1 milhões de hectares no estado do Paraná, correspondendo a cerca de 15% da área total do estado e estendendo-se por 107 municípios. A cidade de Umuarama está inserida nessa faixa, localizada na porção oeste caracterizada por solos arenosos. O clima da região apresenta verões quentes, com temperaturas máximas frequentemente registradas nos meses de janeiro e fevereiro, além de um padrão de precipitação irregular nesse período. Durante o inverno, predominam condições secas, embora possam ocorrer geadas esporádicas. Os solos dessa formação, apesar de apresentarem grande profundidade, são constituídos predominantemente por areia, com baixos níveis de matéria orgânica – cuja rápida decomposição contribui para a redução na capacidade produtiva. Além disso, apresentam baixa capacidade de retenção hídrica e são altamente suscetíveis à erosão, exigindo práticas de manejo específicas e investimentos voltados à sua conservação e uso sustentável. (Fidalski, 2020).

A queda na produtividade das principais culturas agrícolas ao longo dos ciclos de cultivo representa uma preocupação recorrente. De acordo com Quaggio (2000), cerca de 70% dos solos brasileiros apresentam acidez natural, condição que pode comprometer o rendimento das culturas em até 40%, principalmente devido à baixa disponibilidade de nutrientes e à presença de alumínio em formas tóxicas na solução do solo. Altas concentrações de alumínio afetam negativamente o desenvolvimento radicular, reduzindo o crescimento e o espessamento das raízes (Taylor, 1988). Como consequência, o sistema radicular torna-se restrito, dificultando a absorção eficiente de água e nutrientes. Esse efeito tóxico é mais pronunciado em solos com

pH inferior a 5,5 (em H<sub>2</sub>O), condição que intensifica a solubilidade do alumínio e, por conseguinte, agrava seus impactos adversos sobre as plantas cultivadas.

A ocupação da capacidade de troca de cátions (CTC) por cátions essenciais como cálcio (Ca<sup>2+</sup>), magnésio (Mg<sup>2+</sup>) e potássio (K<sup>+</sup>) é indicativa de boas condições químicas do solo para o desenvolvimento vegetal. Por outro lado, quando a maior parte da CTC é preenchida por cátions potencialmente tóxicos, como hidrogênio (H<sup>+</sup>) e alumínio (Al<sup>3+</sup>), o ambiente se torna desfavorável ao crescimento das plantas, especialmente devido à limitação da absorção de nutrientes e ao efeito tóxico direto sobre o sistema radicular (Raij, 2011). Esse cenário é particularmente preocupante em solos arenosos, os quais apresentam naturalmente baixa CTC, reduzida matéria orgânica e alta susceptibilidade à lixiviação. Nessas condições, práticas corretivas como calagem e adubação devem ser conduzidas com cautela e de maneira fracionada, a fim de evitar perdas significativas de nutrientes e insumos aplicados.

A saturação por bases (V%) – que corresponde à proporção das bases trocáveis em relação à CTC total – constitui um importante indicador da fertilidade do solo e do grau de acidez a ser corrigido. Em solos arenosos, esse parâmetro adquire relevância ainda maior, pois a baixa CTC limita a capacidade do solo de reter os cátions corretivos, exigindo um manejo mais criterioso.

No entanto, os critérios atualmente adotados para a recomendação de calagem e correção da acidez foram, em grande parte, desenvolvidos com base em solos de textura média a argilosa, o que pode não refletir adequadamente as particularidades dos solos arenosos, que possuem comportamento químico distinto (Santos et al., 2024). Isso evidencia a necessidade de pesquisas específicas que busquem estabelecer critérios mais apropriados para a correção da acidez em solos de baixa CTC. Investigações direcionadas à definição de níveis críticos de saturação por bases, doses ideais de corretivos e estratégias de aplicação compatíveis com a dinâmica desses solos são fundamentais para garantir a eficiência agronômica das práticas corretivas, bem como para promover o uso racional de insumos e a sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

Neste trabalho, objetivou-se avaliar o desenvolvimento de girassol submetido a doses de corretivos de acidez para estabelecer critérios de calagem e silicatagem para um Argissolo Vermelho distrófico típico.

### MATERIAL E MÉTODOS

O presente ensaio experimental foi conduzido em ambiente controlado, utilizando vasos plásticos com dimensões de 20 cm de diâmetro por 30 cm de altura. O estudo foi realizado nas instalações da Universidade Estadual de Maringá (UEM), no campus experimental Fazenda de Umuarama, localizado na região noroeste do estado do Paraná, sob condições edafoclimáticas características de áreas de solos arenosos.

O solo empregado no experimento foi um Argissolo Vermelho distrófico típico (Santos et al., 2018), de textura arenosa (125 g dm<sup>-3</sup> de argila). Esse tipo de solo é comum na região e apresenta limitações químicas naturais, especialmente em relação à baixa capacidade de troca de cátions (CTC), baixa saturação por bases e elevada acidez potencial. A caracterização química do solo está apresentada na Tabela 1. Essa caracterização foi fundamental para a definição das doses dos corretivos da acidez e para o acompanhamento dos efeitos desses tratamentos sobre as propriedades químicas do solo ao longo do experimento.

**TABELA 1** – Atributos químicos do Argissolo Vermelho distrófico típico utilizado como base experimental

pH	Ca	Mg	K	Al	SB	H + Al	CTC	V
CaCl <sub>2</sub>	---cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ---		mg dm <sup>-3</sup>	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				%
4,3	0,49	0,11	19,55	0,43	0,66	3,83	3,50	18,57

**Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>** - extraídos com KCl mol L<sup>-1</sup>; **P, K**, extraídos com Melhlich 1; **H+Al** – método SMP.

Os tratamentos realizados consistiram na aplicação superficial de calcário dolomítico (PRNT = 72,5%) e silicato de cálcio e magnésio (PRNT = 64,5%) nas doses para elevar a saturação por bases até 40, 50, 60, 70 e 80% e, testemunha sem utilização de corretivos. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, organizado em esquema fatorial 2 x 6 (dois tipos de corretivo x seis níveis de saturação por bases), com cinco repetições, totalizando 60 unidades experimentais. Inicialmente, os vasos foram preparados com a incorporação dos corretivos à superfície do solo e mantidos sob umidade constante, próxima à

capacidade de campo, durante 15 dias, por meio de irrigação localizada, a fim de favorecer a reatividade dos materiais aplicados antes da semeadura.

Após esse período de incubação, realizou-se a semeadura do girassol (*Helianthus annuus* L.) nos vasos. Após o desbaste, mantiveram-se duas plantas por vaso, garantindo uniformidade entre as unidades experimentais. A colheita das plantas ocorreu aos 75 dias após a emergência, momento em que foram avaliadas as variáveis agronômicas: massa de matéria seca da parte aérea, altura de plantas e produtividade de grãos (aquênios).

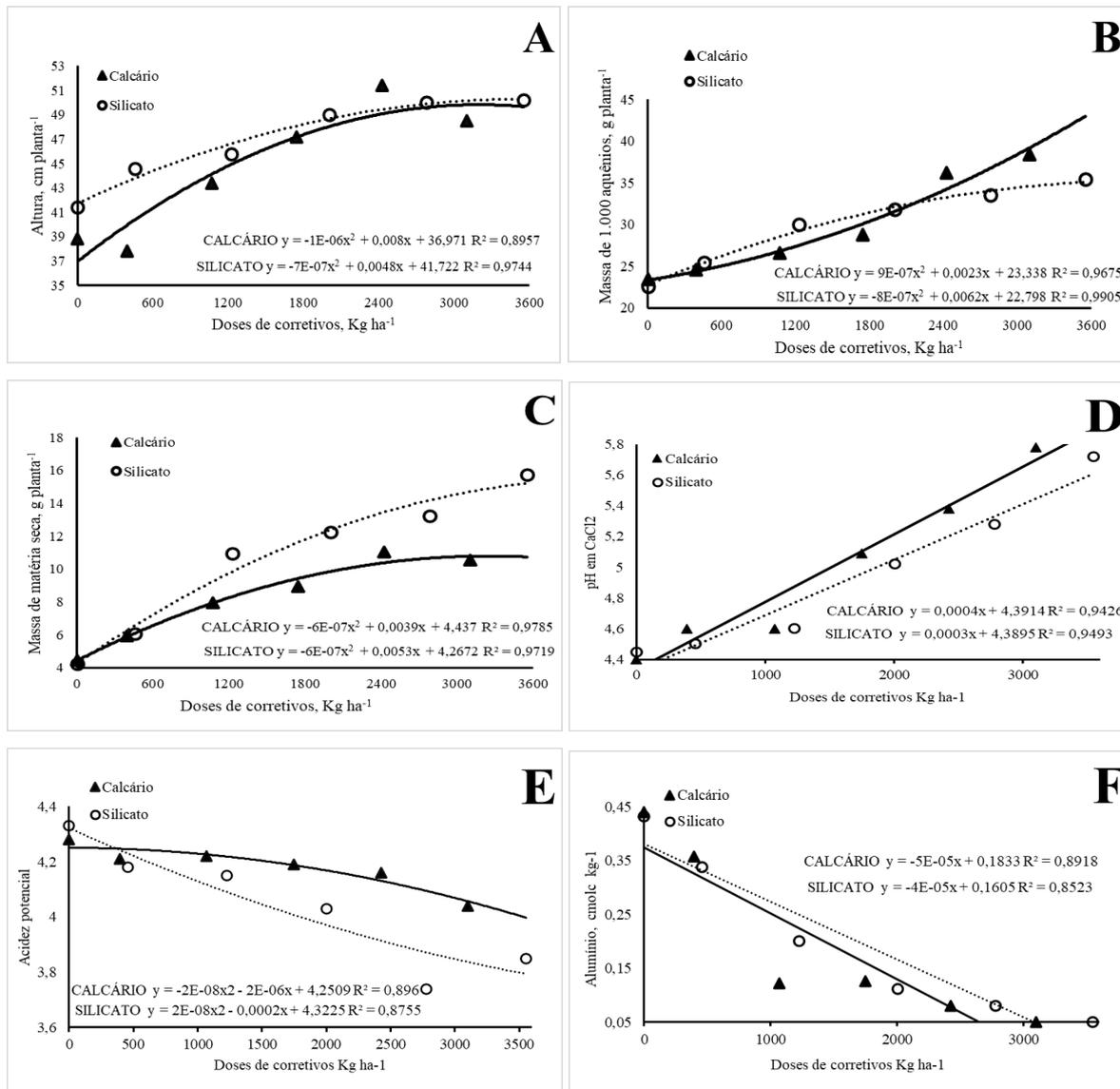
Simultaneamente, foi coletada uma amostra de solo da camada de 0–10 cm de profundidade, a fim de avaliar os efeitos dos tratamentos sobre atributos químicos do solo, sendo determinado o pH em  $\text{CaCl}_2$ , acidez potencial ( $\text{H}^+\text{+Al}$ ) e alumínio trocável ( $\text{Al}^{3+}$ ), conforme metodologia descrita em Tedesco et al. (1995).

Para a análise estatística dos dados, os resultados foram submetidos à análise de variância (teste F) utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2011). Quando identificadas diferenças significativas, procedeu-se à análise de regressão para as doses de corretivos e ao teste de comparação de médias de Tukey, ao nível de 5% de significância, para os tipos de corretivos utilizados. Essa abordagem estatística permitiu verificar tanto os efeitos isolados quanto as interações entre os fatores estudados, possibilitando interpretações robustas sobre o manejo da acidez em solos arenosos e sua influência no desempenho agrônomo da cultura do girassol.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

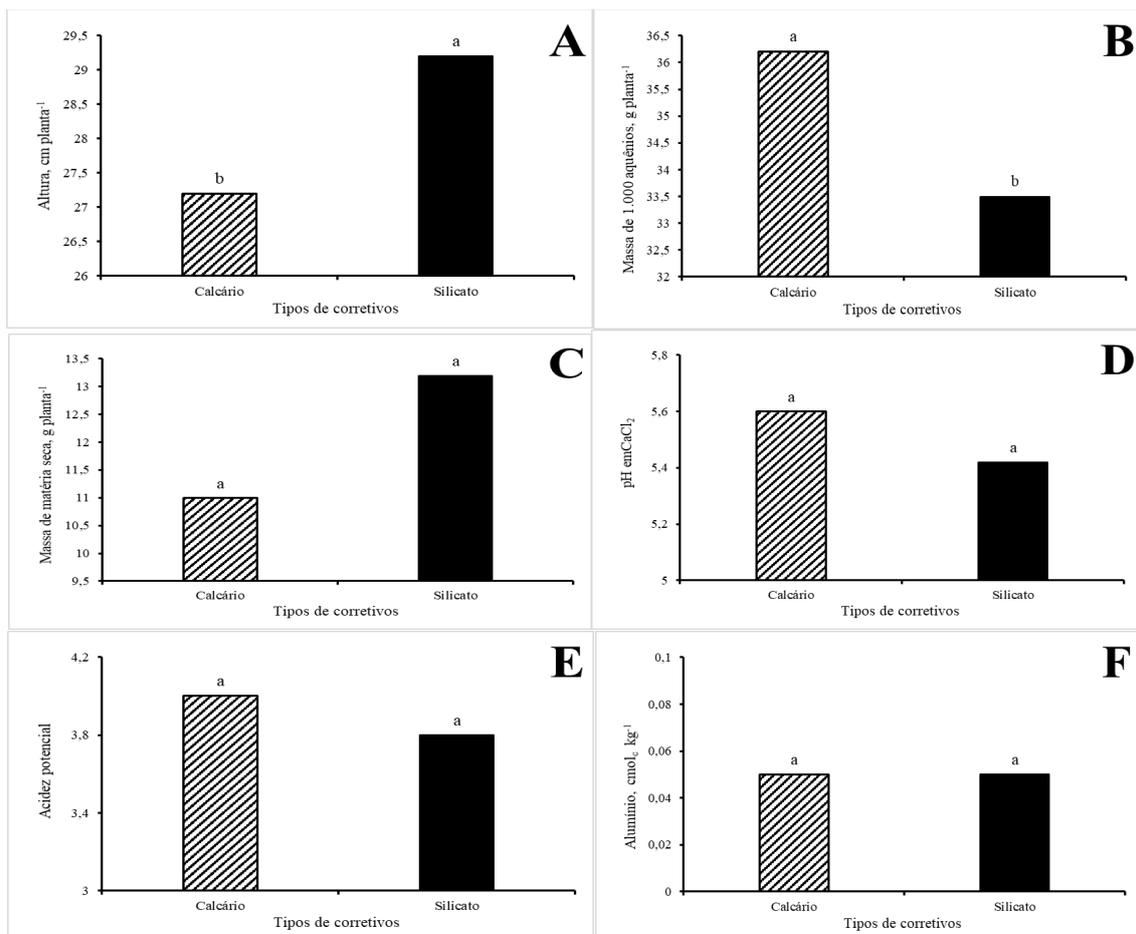
A aplicação dos corretivos da acidez – calcário dolomítico e silicato de cálcio e magnésio (escória siderúrgica) – promoveu incrementos significativos nos parâmetros agrônômicos do girassol, especialmente altura de plantas, massa de matéria seca da parte aérea e rendimento de grãos (Figura 1A, 1B e 1C). O aumento gradativo desses indicadores foi observado até a dose correspondente à saturação por bases (V%) de 70%. A melhoria nas condições de desenvolvimento da cultura pode ser atribuída à neutralização dos íons  $\text{H}^+$  e  $\text{Al}^{3+}$  trocáveis no solo (Figura 1F), o que reduziu a toxidez por alumínio e aumentou a disponibilidade de nutrientes essenciais às plantas, conforme destacado por Bissani et al. (2008).

Nas doses inferiores, correspondentes a V% abaixo de 60%, os resultados foram inferiores, evidenciando limitação no crescimento e no rendimento dos aquênios. Isso é atribuído à presença residual de  $Al^{3+}$  e  $H^+$  em níveis fitotóxicos, que prejudicam a elongação radicular e a absorção de nutrientes, especialmente cálcio, magnésio e fósforo – elementos críticos para o crescimento inicial da cultura. Esses achados estão em consonância com Quaggio (2000) e Caires et al. (2006), que destacam a acidez do solo como um dos principais fatores redutores da produtividade em solos tropicais.



**Figura 1.** Altura da parte aérea, cm planta<sup>-1</sup> (A), massa de 1.000 aquênios, g planta<sup>-1</sup> (B), massa de matéria seca, g planta<sup>-1</sup> de girassol (C), pH em CaCl<sub>2</sub> (D), acidez potencial (E) e teor de alumínio, cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> do solo (F) submetidos a doses de calcário e escória siderúrgica em Argissolo de textura arenosa no Noroeste do Paraná.

Observou-se que até a dose de 2000 kg ha<sup>-1</sup> (destinada a alcançar até 60% de saturação por bases), as plantas apresentaram baixo acúmulo de biomassa e menor estatura (Figura 1A e 1B), revelando a elevada exigência da cultura por ambientes com adequada fertilidade química do solo. De maneira inversa, doses superiores a 2400 kg ha<sup>-1</sup> resultaram em redução nos parâmetros de crescimento e produtividade (Figura 1D), comportamento que pode ser atribuído a possíveis desequilíbrios nutricionais provocados pela superdosagem de corretivos. Nicolodi et al. (2008) e Pauletti e Motta (2019) relatam que o excesso de corretivos pode aumentar excessivamente o pH do solo, prejudicando a disponibilidade de micronutrientes, como manganês, zinco e boro, essenciais em pequenas concentrações para o metabolismo vegetal. Além disso, a comparação entre os corretivos aplicados revelou desempenho superior do calcário dolomítico em relação ao silicato de cálcio e magnésio em todos os parâmetros avaliados (Figura 2A–F). Essa superioridade está associada ao maior poder relativo de



**Figura 2.** Altura da parte aérea (A), massa de 1.000 aquênios (B), massa de matéria seca (C), de girassol, pH em CaCl<sub>2</sub> (D), acidez potencial (E) e teor de alumínio, (F) em função da calagem e silicatagem em Argissolo de textura arenosa no Noroeste do Paraná.

neutralização total (PRNT) do calcário (72,5%), que confere maior reatividade e eficácia na neutralização da acidez, quando comparado ao silicato utilizado (PRNT de 64,5%). Adicionalmente, o calcário apresentou efeito corretivo mais consistente e eficiente sobre os atributos químicos do solo, resultando em respostas mais expressivas da cultura.

Por outro lado, o silicato, embora menos eficiente na correção da acidez neste experimento, apresenta benefícios agronômicos adicionais documentados na literatura, como a liberação de silício, elemento benéfico que pode reforçar a resistência das plantas a estresses bióticos e abióticos, além de atuar na melhoria da estrutura radicular e da eficiência de uso de fósforo (Alovisi et al., 2018). No entanto, sua eficiência agronômica depende de fatores como composição química da escória, solubilidade dos compostos presentes e interação com os demais nutrientes no solo (Prado et al., 2000).

A análise técnica dos dados permitiu estabelecer o ponto de máxima eficiência técnica (MET) para ambos os corretivos (Tabela 1), considerando-se o melhor desempenho agronômico da cultura. Para o calcário dolomítico, a dose ideal foi estimada em 2,87 t ha<sup>-1</sup>,

**Tabela 1.** Dose de máxima eficiência técnica da aplicação calcário e silicato de cálcio e magnésio função da altura de parte aérea, diâmetro do capítulo, massa de matéria seca e massa de 1000 aquênios de plantas de girassol submetidas em Latossolo Vermelho distrófico típico

Atributo	Calcário t ha <sup>-1</sup>	Silicato t ha <sup>-1</sup>
Altura de parte aérea	4,00	3,42
Massa de 1000 aquênios	2,10	3,87
Massa de matéria seca	3,22	4,44
Alumínio	1,83	2,00
Média	2,87	3,24

enquanto para o silicato, a dose correspondente foi de 3,24 t ha<sup>-1</sup>. Ambas as doses permitiram alcançar a saturação por bases de aproximadamente 70%, que se mostrou ser o nível ótimo de correção da acidez para a cultura do girassol neste tipo de solo (Tabela 1). Esses valores

corroboram com estudos prévios que indicam a faixa de 60–70% de V como ideal para a maioria das culturas em solos arenosos, onde a baixa CTC exige atenção ao manejo gradual da calagem (Caires et al., 2003; Ernani, 2016).

Os resultados obtidos reforçam a importância de práticas de correção da acidez bem calibradas em solos de baixa fertilidade natural, como para os Argissolos arenosos, e apontam o V% de 70 como referencial técnico eficiente para o cultivo do girassol. Ressalta-se, no entanto, que doses superiores à faixa de máxima eficiência podem não trazer benefícios adicionais e, em alguns casos, provocar efeitos antagônicos no desenvolvimento das plantas.

### CONCLUSÕES

A aplicação de calcário dolomítico e silicato de cálcio e magnésio no solo resultou em aumento significativo do crescimento do girassol e redução dos níveis de alumínio trocável, associado à diminuição da toxicidade para as plantas.

As maiores produtividades foram obtidas com doses de 2,87 t ha<sup>-1</sup> para calcário e 3,24 t ha<sup>-1</sup> para silicato, correspondendo a uma saturação por bases próxima a 70%, sendo adequada para otimizar o desenvolvimento do girassol em solos arenosos da região noroeste do Paraná.

### REFERÊNCIAS

ALOVISI, A.M.T.; AGUIAR, G.C.R.; ALOVISI, A.A.; GOMES, C.F.; TOKURA, L.K.; LOURENTE, E.R.P.; MAUAD, M.; SILVA, R.S. Efeito residual da aplicação de silicato de cálcio nos atributos químicos do solo e na produtividade da cana-soca. **Agrarian**, Dourados, v.11, n.40, p.150-158, 2018.

BISSANI, C.A.; CAMARGO, F.A.O.; GIANELLO, C. TEDESCO, M.J. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. 2.ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. 344p.

Caires, E.F., Alleoni, L.R.F., Cambri, M.A.; Barth, G. Correção da acidez do solo e desenvolvimento radicular de plantas em função do método e dose de aplicação de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n.2, p.275–286. 2006.

CAIRES, E.F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; KUSMAN, M.T. 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.

CASTRO, César et al. **A cultura do girassol**. 1. ed. Londrina, PR: EMBRAPA-CNPSo, 1996. 38 p. v. 1. ISBN 100-6703.

ERNANI, P.R. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes**. Lages: Paulo Roberto Ernani, 2016. 256 p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FIDALSKI, J. **Os solos do Arenito Caiuá, seus desafios e casos de sucesso com seu manejo no Sistemas de Integração Lavoura Pecuária e Florestas**. IDR – PARANÁ. CURITIBA – PR, 30 de outubro de 2020. Disponível em: <https://www.idrparana.pr.gov.br/Noticia/Os-solos-do-Arenito-Caiua-seus-desafios-e-casos-de-sucesso-com-seu-manejo-no-Sistemas-de>. Acesso em: 12 jul. 2025.

NICOLODI, M.; ANGHINONI, I.; GIANELLO, C. Relações entre os tipos e indicadores de acidez do solo em lavouras no sistema plantio direto na região do Planalto do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.3, p.1217-1226, 2008.

NOLLA, A.; ANGHINONI, I. Métodos utilizados para a correção da acidez do solo no Brasil. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v.42, n.1, p.97-111, 2004.

PAULETTI, V.; MOTTA, A.C.V. **Recomendação de adubação e calagem para o estado do Paraná**. 2 Ed. Curitiba: SBCS/NEPAR. 2019. 289p.

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

PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V. **Manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná**. Curitiba: SBCS/NEPAR, 2019. 289 p.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. Escória de siderurgia e calcário na correção da acidez do solo cultivado com cana-de-açúcar em vaso. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 4, p. 739-744, 2000.

QUAGGIO, J. A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2000. 111 p

SANTOS, F.C.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R.; VIANA, J.H.M.; EDUARDO, G.S. **Calagem em solo arenoso do Oeste da Bahia**. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2024. 16p. (Boletim de Desenvolvimento e Pesquisa 264)

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; ARAÚJO FILHO, J.C.; OLIVEIRA, J.B.; CUNHA, T.J.F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa, 2018. 356p.

SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V, V.H; BARROS, N.F.; FONTES, L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p.205-274.

TAYLOR, G.J. **The physiology of aluminum phytotoxicity**. In: SIEGAL, H.; SIEGAL, A. (Eds.) *Metals Ions in Biological Systems*. New York: Marcel Dekker, p. 123-162, 1988.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 147p. (Boletim Técnico, 5)