

COMBINAÇÕES DE ESCÓRIA, CALCÁRIO E GESSO PARA CORREÇÃO DA ACIDEZ DE UM LATOSSOLO PSAMÍTICO

Glassys Louise de Souza Cortez¹, Antonio Nolla^{1*}, Neila Caroline das Dores da Silva Souza¹,
Karina Francieli Schmidt¹, Laísa Scotti Antoniel¹, Thaynara Garcez da Silva¹

¹ Universidade Estadual de Maringá – UEM, Departamento de Ciências Agronômicas, Campus de Umuarama, Estrada da Paca s/no, Bairro São Cristóvão, Umuarama – PR, CEP: 87020-900. E-mail:

glassyscortez@yahoo.com.br, anolla@uem.br, neila.souza@gmail.com, karikfs@hotmail.com,
lala_scotti@hotmail.com, thaynaragarceztg@gmail.com

*autor correspondente: anolla@uem.br

RESUMO: A ação do calcário no sistema plantio direto (SPD), onde ocorre o mínimo revolvimento, fica restrita na camada superficial devido à sua baixa solubilidade no solo. Em função disso, vem sendo estudados corretivos alternativos que possuem uma melhor reatividade e possibilidade de correção em maior profundidade. Objetivou-se comparar o efeito e combinações de calcário, gesso e silicato de Ca e Mg quanto à capacidade de aumentar o pH do solo e reduzir o alumínio tóxico. Foram utilizados vasos de PVC (15 x 50 cm) preenchidos com Argissolo Vermelho distrófico típico. Os tratamentos consistiram de tipos de corretivos combinados com a aplicação de gesso agrícola: Calcário para elevar a saturação por bases (V) até 70%, Silicato - para elevar a V até 70%, Calcário + Gesso, Silicato + Gesso, Gesso, ½ Calcário + ½ Silicato e ½ Calcário + ½ Silicato + Gesso, além do tratamento testemunha sem aplicação de insumos. O delineamento foi blocos casualizados com 4 repetições. O solo dos vasos foi coletado e avaliou-se pH-H₂O, pH-CaCl₂, alumínio trocável, pH SMP e acidez potencial. Os corretivos combinados ou não com o gesso foram insumos eficientes na correção da acidez do solo. O silicato de Ca e Mg se destacou em aumentar o pH do solo, tornando-se viável a substituição de corretivos da acidez do solo por corretivos alternativos.

PALAVRAS-CHAVE: acidez do solo, alumínio, condicionadores do solo.

COMBINATIONS OF SLAG, LIMESTONE AND GYPSUM FOR SOIL ACIDITY CORRECTING OF A PSAMITIC LATOSOL

ABSTRACT: The action of limestone in no tillage system (NTS), where minimal soil disturbance occurs, is restricted to the surface layer due to its low soil solubility. Therefore, alternative amendments with better reactivity and the potential for deeper amendments have been studied. The objective was to compare the effects of combinations of limestone, gypsum, and Ca and Mg silicate on their ability to increase soil pH and reduce toxic aluminum. PVC pots (15 x 50 cm) filled with typical dystrophic Red Ultisol were used. The treatments consisted of amendments combined with the application of agricultural gypsum: limestone to increase base saturation (V) to 70%, silicate to increase V to 70%, limestone + gypsum, silicate + gypsum, gypsum, ½ limestone + ½ silicate, and ½ limestone + ½ silicate + gypsum, in addition to a control treatment without input application. The design was randomized blocks with 4 replicates. The soil from the pots was collected and pH-H₂O, pH-CaCl₂, exchangeable aluminum, pH SMP and potential acidity were evaluated. The amendments, whether combined with gypsum or not, were effective in correcting soil acidity. Calcium and Mg silicate excelled

in increasing soil pH, making it feasible to replace soil acidity correction with alternative amendments.

KEY WORDS: soil acidity; aluminum, soil conditioners.

INTRODUÇÃO

A acidez do solo é um dos principais fatores limitantes à produtividade agrícola em diversas regiões do Brasil, especialmente em solos tropicais altamente intemperizados, como os Latossolos e Argissolos. Esta condição afeta diretamente a disponibilidade de nutrientes essenciais e eleva a solubilidade de elementos tóxicos, como o alumínio (Al^{3+}), prejudicando o desenvolvimento radicular e a absorção de água e nutrientes pelas plantas (Cunha et al., 2018). Em resposta a esse desafio, a prática da calagem tem sido amplamente adotada pelos agricultores brasileiros, visando à elevação do pH do solo e à neutralização do Al^{3+} tóxico na zona radicular (Caires et al., 2006; Raij, 2011).

Contudo, no contexto do Sistema de Plantio Direto (SPD), caracterizado pela ausência ou mínima mobilização do solo, os corretivos da acidez são aplicados exclusivamente em superfície. Tal prática tem gerado preocupações quanto à eficiência da calagem em atingir as camadas subsuperficiais (abaixo de 10 cm), onde muitas vezes os sintomas de acidificação persistem (Caires et al., 2006; Souza et al., 2012). Isso ocorre porque os principais corretivos utilizados, como o calcário, possuem baixa solubilidade em água e mobilidade restrita no perfil do solo, o que dificulta sua movimentação em profundidade (Novais et al., 2007; Cunha et al., 2018).

O calcário agrícola, composto predominantemente por carbonato de cálcio (CaCO_3) e magnésio, é o insumo mais utilizado para correção da acidez, graças à sua capacidade de liberar íons que neutralizam os H^+ e Al^{3+} do solo, promovendo aumento do pH e redução da toxidez por alumínio (Caires et al., 2006; Bissani et al., 2008). Entretanto, sua baixa solubilidade limita a eficácia em camadas mais profundas no SPD, comprometendo o desenvolvimento radicular e a produtividade em ambientes sujeitos à deficiência hídrica.

Nesse cenário, corretivos ou condicionadores alternativos têm sido pesquisados, como o uso de gesso agrícola. Embora o gesso não eleve o pH de forma significativa nem neutralize diretamente o alumínio como o calcário, ele fornece cálcio (Ca^{2+}) e enxofre (sob forma de

sulfato), os quais podem reduzir a atividade do Al^{3+} por competição iônica, melhorar condições químico-físicas do solo e favorecer o crescimento radicular em camadas mais profundas (Pavan e Oliveira, 2000; Souza et al., 2012). Além disso, estudos recentes têm mostrado que a combinação do calcário na superfície com o gesso pode incrementar a ação corretiva nas camadas abaixo de 10 cm (Caires, 2003; Caires et al., 2012).

Outro insumo tem sido utilizado como corretivo são as escórias siderúrgicas. O silicato tem sido estudado principalmente como agente de correção de acidez do solo, mas pode ter papel benéfico no fortalecimento da planta em solos ácidos (Galindo et al., 2021). Assim, considerando os diferentes mecanismos de ação, solubilidade e mobilidade dos corretivos e condicionadores de solo, torna-se fundamental investigar a eficácia e as interações entre esses insumos quando aplicados em superfície no SPD. Estudos recentes indicam que o uso combinado de escórias siderúrgicas e gesso pode promover sinergias positivas, com reflexos na química do solo e no desempenho das culturas (Artignani, 2008).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos isolados e combinados de calcário, gesso agrícola e condicionadores alternativos sobre a correção da acidez do solo e a redução do alumínio tóxico na camada de 0–10 cm, sob condições de aplicação superficial em sistema de plantio direto.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida na Universidade Estadual de Maringá – Campus de Umuarama. Para o experimento, utilizou-se como base experimental um Latossolo Vermelho distrófico psamítico (Santos et al., 2025) de textura arenosa cujos atributos químicos estão descritos na Tabela 1. Utilizou-se deste solo para o ensaio devido à presença de acidez e devido à baixa concentração de nutrientes. Desta maneira foi possível observar os efeitos dos corretivos de acidez do solo testados.

O experimento foi conduzido em ambiente controlado utilizando lisímetros confeccionados em tubos de PVC com dimensões de 10 cm de diâmetro por 50 cm de altura. Esses lisímetros foram preenchidos com o Latossolo Vermelho distrófico psamítico, o qual foi utilizado como base experimental.

Tabela 01 - Caracterização química e teor de argila (0-0,20m) de um Latossolo Vermelho distrófico psamítico sob campo natural utilizado como base experimental

pH	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	P	V	m	Argila
H ₂ O	-----cmol _c dm ⁻³ -----			-----mg dm ⁻³ -----		-----%-----		g kg ⁻¹
4,3	0,30	1,00	0,88	31,28	1,80	8,01	13,27	156

Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺ - extraídos com KCl mol L⁻¹; P, K, extraídos com Melhlich 1; V = saturação por bases; m = saturação por alumínio.

A camada superficial de 0 a 5 cm de solo, correspondente à zona de incorporação de corretivos e condicionadores, recebeu diferentes combinações de corretivos da acidez do solo, além do gesso agrícola. Os tratamentos aplicados foram: (1) Testemunha, sem adição de corretivos; (2) Calcário dolomítico, com Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) de 75,2%, aplicado na dose equivalente para elevar a saturação por bases (V%) a 70% (4,65 t ha⁻¹); (3) Calcário + Gesso agrícola (doses equivalentes a 4,65 t ha⁻¹ + 792,5 kg ha⁻¹); (4) Silicato de cálcio e magnésio, com PRNT de 68%, para elevar o V% a 70% (dose equivalente a 5,15 t ha⁻¹); (5) Silicato + Gesso (doses equivalentes a 5,15 t ha⁻¹ + 792,5 kg ha⁻¹); (6) Gesso agrícola isolado (dose equivalente a 792,5 kg ha⁻¹); (7) ½ dose de calcário + ½ dose de silicato (doses equivalentes a 2,33 t ha⁻¹ + 2,58 t ha⁻¹); e (8) ½ dose de calcário + ½ dose de silicato + gesso agrícola (doses equivalentes a 2,33 t ha⁻¹ + 2,58 t ha⁻¹ + 792,5 kg ha⁻¹). A aplicação dos insumos foi feita manualmente com posterior homogeneização na camada superficial do solo, simulando as práticas agrícolas convencionais de calagem e gessagem. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com oito tratamentos e quatro repetições, totalizando 32 unidades experimentais.

Após a aplicação dos corretivos e a instalação dos lisímetros, procedeu-se à incubação do solo por 40 dias em condições de umidade controlada, mantendo-se o solo próximo à capacidade de campo para favorecer as reações químicas dos insumos com os constituintes do solo. Ao término do período de incubação, os lisímetros foram cuidadosamente desmontados para coleta de amostras de solo na profundidade de 0-10 cm.

As amostras foram analisadas quanto aos seguintes atributos químicos: pH em água (pH H₂O), pH em solução de cloreto de cálcio (pH CaCl₂), teor de alumínio trocável (Al³⁺), conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995), e acidez potencial (H⁺ + Al), calculada pela equação proposta por Sambatti et al. (2003): $H^+ + Al = 20,1925 - 2,6484 \times \text{pH SMP}$. Essas análises visaram avaliar a eficiência dos corretivos e suas combinações na melhoria da qualidade química do solo.

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística por meio de análise de variância (ANOVA), utilizando o software estatístico SISVAR® (Ferreira, 2011). Para a comparação das médias entre os tratamentos, empregou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade, permitindo identificar diferenças significativas entre as combinações de corretivos quanto aos parâmetros avaliados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos nos quais se combinaram calcário e silicato de cálcio e magnésio, com ou sem adição de gesso agrícola, demonstraram-se bastante eficientes na diminuição do Al³⁺ (Figura 1a), o que confirma a importância de utilizar corretivos para diminuir os elementos tóxicos presentes no solo. A presença de Al³⁺ livre em solos ácidos compromete o crescimento radicular e restringe a absorção de nutrientes, de modo que estratégias para sua redução são necessárias para o correto cultivo do solo (Nobile e Guimarães, 2025).

A aplicação exclusiva de calcário também foi eficiente na redução de Al³⁺. Isso se deve ao seu poder de neutralização ser superior ao do silicato, visto que o calcário libera mais rapidamente íons neutralizantes, como carbonato ou bicarbonato, que reagem com H⁺ livre, aumentando o pH e promovendo a neutralização do alumínio. O silicato, por outro lado, apesar de apresentar menor poder de neutralização (PN = 86%), libera Ca²⁺, Mg²⁺ e Si, contribuindo para sustentação da correção química do solo ao longo do tempo (Camargo et al., 2007).

A utilização do silicato de Ca e Mg, combinado ou não com o gesso, destacou-se no aumento tanto do pH em água (pH-H₂O) quanto do pH em CaCl₂ (Figuras 1b e 1c), demonstrando que corretivos alternativos podem ser opções viáveis para a correção da acidez do solo (Brasil et al., 2025). Esses corretivos tendem a liberar bases de maneira mais gradual, mas com efeito talvez mais duradouro. Da mesma forma, estudos de Reatividade de Corretivos

da Acidez em colunas de lixiviação (Ramos et al., 2006) demonstraram que os silicatos corrigiram acidez do solo e aumentaram teores de Ca trocável e Mg até certas profundidades, mostrando que o efeito do silicato vai além da superfície do solo.

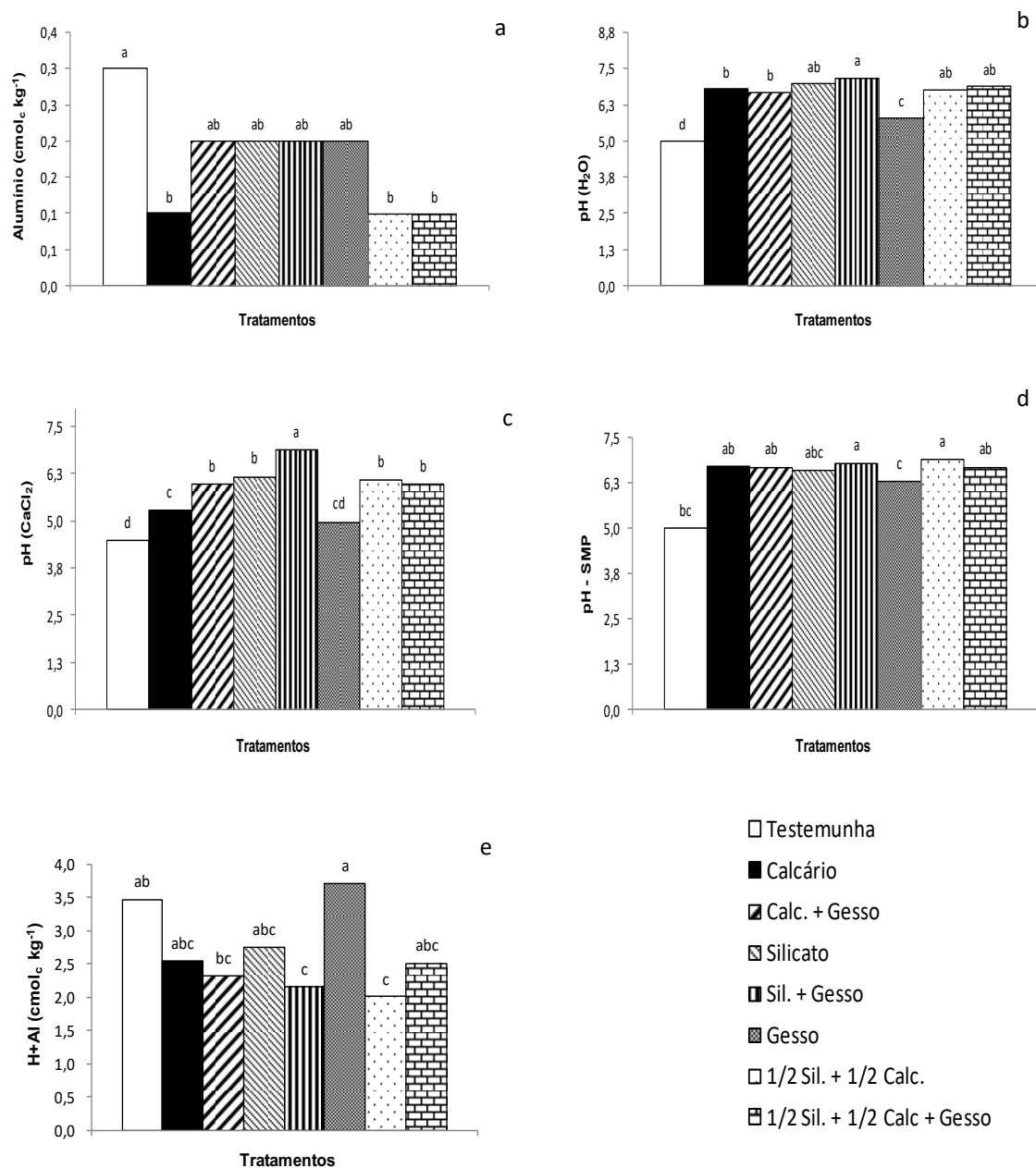


Figura 1: Teores Alumínio (a), valores de pH – H₂O (b), pH – Ca₂Cl (c), pH SMP (d) e acidez potencial - H + Al (e) na camada de 0-10 cm de um Latossolo Vermelho distrófico psamítico, em função da aplicação de doses e combinações de calcário (Calc.), silicato de cálcio e magnésio (Sil.) e gesso agrícola.

Embora o calcário seja considerado mais eficiente na correção da acidez de forma rápida, sua ação foi inferior ao silicato na elevação de pH-CaCl₂, possivelmente porque o silicato, apesar de ter base mais fraca, ou seja menor poder de neutralização. Isto pode promover liberação mais lenta de OH⁻ ou bases equivalentes, liberando seus efeitos de correção de modo mais gradual (Faria et al., 2008).

O gesso agrícola, não foi eficiente no aumento do pH do solo, o que era esperado em por não apresentar disponibilização de OH⁻ em solução (Raij, 2011). O gesso não contém compostos que neutralizam diretamente o H⁺; sua ação está mais relacionada à mobilidade de Ca²⁺ e ao deslocamento de alumínio em camadas abaixo da superfície, especialmente em solos com problemas de acidez subsuperficial ou presença de Al³⁺ tóxico nas camadas mais profundas. Estudos de colunas de lixiviação observam que o gesso aumenta teores de Ca em todo o perfil, mas não corrige acidez do solo de forma significativa em camadas mais rasas quando usado isoladamente (Maschietto, 2009).

A relação entre os valores médios de pH SMP e H⁺ + Al (Figuras 1d e 1e) foi descrita pela equação de Sambatti et al. (2003), que utiliza modelagem matemática (equações de regressão) para estimar acidez potencial a partir do pH do solo em equilíbrio com a solução tampão SMP. No presente estudo, os valores de H⁺ + Al (acidez potencial) foram alterados de acordo com a aplicação dos corretivos (Figura 1e), e os tratamentos que mais se destacaram nessa redução foram silicato + gesso e ½ silicato + ½ calcário. Alovisi et al. (2018), observaram efeitos residuais positivos de silicato de cálcio em atributos químicos de solo e produtividade de cana-soca, até 24 meses após aplicação. Pesquisas confirmam que a calagem superficial melhora acidez em camadas mais profundas (>20 cm) e beneficia o crescimento radicular e rendimento em trigo sob sistema de plantio direto (Caires et al., 2006). Ramos et al. (2006), que mostra que silicatos corrigem acidez e mobilizam Ca e Mg em profundidade, confirmando a vantagem do uso de corretivos alternativos ou combinações.

CONCLUSÕES

Os corretivos calcário e silicato combinados ou não com o gesso agrícola foram eficientes na correção da acidez do solo. O silicato de Ca e Mg se destacou em função do

aumento on pH do solo, demonstrando ser uma opção viável na substituição do calcário por corretivos alternativos.

REFERÊNCIAS

ALOVISI, A.M.T., AGUIAR, G.C.R., ALOVISI, A.A., GOMES, C.F., TOKURA, L.K., LOURENTE, E.R.P., SILVA, R.S. DA. Efeito residual da aplicação do silicato de cálcio nos atributos químicos do solo e na produtividade da cana-soca. **Agrarian**, v.11, n.40, p. 84-92, 2018.

ARTIGIANI, A.C.C.A. **Combinações de gesso, silicato e calcário aplicados superficialmente no sistema plantio direto de arroz e feijão irrigados por aspersão**. 2008. 128p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

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

BRASIL, E.P.F.; COUTO, C.A.; ARAÚJO, I.L.; ARAÚJO, T.G.; ANASTÁCIO, T.M.; AGUIAR JUNIOR, C.G. Remineralizador rekal como alternativa para correção do solo, neutralização da acidez potencial e fornecimento de cálcio e magnésio. **Revista Delos**, Curitiba, v.18, n.64, p. 01-29, 2025.

CAIRES, E. F.; CORRÊA, J. C. L.; CHURKA, S.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J. Surface application of lime ameliorates subsoil acidity and improves root growth and yield of wheat in an acid soil under no-till system. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.63, n. 5, p.499-507, 2006.

CAIRES, E.F. Calagem e uso de gesso em sistema plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.127, p. 1-11, 2012.

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 superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 275-286, 2003.

CARMAGO, M. S.; KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S. Solubilidade do silício em solos: Influência do calcário e ácido silícico aplicados. **Bragantina**, Campinas, v. 66, n.4, p.637-647. 2007.

CUNHA, G.O.M.; ALMEIDA, J.A.; ERNANI, P.R.; PEREIRA, E.R.; SHORONSKI, E.; LOURENÇO, L.S.; BRUNETTO, G. Chemical and aluminum concentration in the solution of acid soils cultivated with soybean and corn under liming. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.42, p. e0170406, 2018.

FARIA, L.A.; LUZ, P.H.C.; RODRIGUES, R.C.; HERLING, V.R.; MACEDO, F.B. Efeito residual da silicatagem no solo e na produtividade do capim-Marandu sob pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p.1209-1216, 2008.

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

GALINDO, F.S.; PAGLIARI, P.H.; RODRIGUES, W.L.; FERNANDES, G.C.; BOLETA, E.H.M.; SANTINI, J.M.K.; JALAL, A.; BUZETTI, S.; LAVRES, J.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M. Silicon Amendment Enhances Agronomic Efficiency of Nitrogen Fertilization in Maize and Wheat Crops under Tropical Conditions. **Plants**, Dordrecht, v.10, n.7, p.1329,1359, 2021.

MASCHIETTO, O, 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 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2009.

NOBILE, F.O.; GUIMARÃES, J.E.R. **Fertilidade do Solo: Fundamentos, Análise e Manejo**. Araucária: Editora Sorian, 2025. 164p.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H. V.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p.

PAVAN, M. A.; OLIVEIRA, E. L. Corretivos da acidez do solo: experiências no Paraná. In: KAMINSKI, J. (Eds.) **Uso de corretivos da acidez do solo no plantio direto**. Pelotas: Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p.61-76. (Boletim, 4)

Raij, B.V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 páginas.

RAMOS, L.A., NOLLA, A., KORNDÖRFER, G.H., PEREIRA, H.S., CAMARGO, M.S. Reatividade de corretivos da acidez e condicionadores de solo em colunas de lixiviação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n.5, p.849–857, 2006.

SAMBATTI, J.B.M.; SOUZA-JÚNIOR, I.G.; COSTA, A.C.S.; TORMENA, C. A. Avaliação da acidez potencial por meio do pH SMP em solos do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.3, p.553–561, 2003.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. ; ARAUJO FILHO, J. C.; LIMA, H. N.; MARQUES, F. A.; OLIVEIRA, J. B. ; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 6Ed. Brasília: EMBRAPA, 2025. 393p.

SOUZA, F.R.; ROSA JR., E.J.; FIETZ, C.R.; BERGAMIN, A.C.; ROSA, Y.B.C.J.; ZEVIANI, W.M. Gypsum effects on soil chemical properties under two management systems. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, n.5, p.1717-1732, 2012.

TEDESCO, M.J; GIANELLO, C; BISSANI, C. A; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.