



CULTIVO DO MILHO

Calagem e Gessagem do Solo

Gilson Villaça Exel Pitta¹
Antônio Marcos Coelho
Vera Maria Carvalho Alves
Gonçalo Evangelista de França
Jurandir Vieira de Magalhães

Calagem

O desenvolvimento ou adaptação de cultivares mais tolerantes à acidez do solo via melhoramento genético não elimina o uso do calcário na agricultura, pelos seus efeitos e sua importância nos diferentes níveis tecnológicos dos diversos sistemas de produção usados no Brasil. A recomendação de calagem não é um procedimento simples, por pressupor o conhecimento de um número razoável de informações adicionais, como: características da propriedade agrícola (caracterização da área, da cultura, tipo de solo, histórico da área, expectativa de rendimento etc.), conhecimento tecnológico (tem sua origem na pesquisa naquela região ou estado) e, por último, informações oriundas das condições do mercado, principalmente aquelas relacionadas a preços de insumos e também disponibilidade de crédito, que são independentes das duas anteriores.

Na sua maioria, os solos brasileiros são ácidos, destacando-se aqueles sob vegetação de cerrado. Tais solos são caracterizados por baixas concentrações de cálcio e de magnésio, elementos diretamente envolvidos no desenvolvimento das raízes, e por valores elevados de alumínio trocável e baixa disponibilidade de fósforo do solo.

As respostas das culturas à calagem dependem de fatores ligados à planta, ao solo e ao corretivo empregado, de tal forma que essa interação direcione a máxima eficiência da prática.

A acidez do solo é representada basicamente por dois componentes; a fase sólida, que é representada pelas argilas, a matéria orgânica e os óxidos de ferro e alumínio, e está em equilíbrio com a fase líquida, a solução do solo. Os íons H^+ dissociados na fase líquida são denominados acidez ativa, que é estimada pelo pH. Os demais íons H^+ e Al^{+3} , ligados à fase sólida, são

¹ Eng. Agr., PhD, Embrapa Milho e Sorgo. Caixa Postal 151 CEP 35 701-970 Sete Lagoas, MG.
E-mail: gpitta@cnpmis.embrapa.br

denominados acidez potencial. Apenas parte dos íons alumínio são deslocados por outros cátions, sendo por isso, denominados de Al trocável ou acidez trocável.

Os métodos que quantificam a necessidade de calcário visam a eliminação não somente da acidez ativa, mas também da acidez potencial do solo.

A estimativa da necessidade de calagem (**NC**) é feita através da análise química do solo e vários métodos vêm sendo utilizados. Esses métodos visam não somente a redução da acidez do solo, mas também melhor retorno econômico para a maioria das espécies cultivadas.

A escolha do calcário, o valor neutralizante, o grau de finura e sua reatividade são fatores relevantes na aquisição do material corretivo. Em situações que requeiram correção do magnésio, o calcário magnesiano ou o dolomítico são os recomendados. Não sendo suficientes, outras fontes de magnésio devem ser utilizadas. O poder neutralizante é determinado pela comparação com o poder de neutralização do carbonato de cálcio puro (CaCO_3), que é de 100%; por essa razão é denominado de Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) ou equivalente de carbonato de cálcio.

A calagem tem efeitos diretos e indiretos sobre as plantas. Os primeiros, geralmente, dependem do tempo e da umidade disponível no solo e estão associados com algumas características físicas do corretivo (ex: relação entre o tamanho da partícula e a sua superfície) e químicas (ex: valor do Poder Neutralizante - PN), as quais, em conjunto, determinam mudanças em algumas características do solo, quais sejam: a redução da saturação por alumínio, elevação nas concentrações do cálcio e do magnésio, elevação do pH e aumento na disponibilidade do fósforo. A atividade biológica também é favorecida pela ação do calcário.

Os efeitos indiretos podem manifestar-se através de algumas características fenológicas das plantas, como a distribuição do sistema radicular em profundidade e sua relação com a maior

resistência aos déficits hídricos (veranicos). Em ambos os casos, os efeitos do calcário estão diretamente ligados a aumentos da produção e da qualidade da biomassa, tanto grãos, como matéria seca na produção de silagem.

Métodos para estimar a necessidade da calagem

Os métodos para recomendação da necessidade de calcário (**NC**) adquiriram, em alguns casos, caráter regional quanto ao seu uso e preferência pelos técnicos. Nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, os métodos mais comumente utilizados, segundo Goerdert et al. (1987) e CFSMG (1999), são: a) método baseado na eliminação do alumínio trocável e na elevação dos teores do cálcio e do magnésio; b) método da saturação por bases.

a) Eliminação do alumínio trocável – Esse método consiste na extração do alumínio, do cálcio e do magnésio trocáveis com uma solução 1M de KCL. A fórmula utilizada para estimar a necessidade de calagem (**NC**), segundo a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, capítulo 8, adotada a partir de 1999, é:

$$NC = CA + CD$$

O Termo **NC** é a necessidade de calagem, **CA**, a correção da acidez em função do valor da saturação por alumínio (valor m%) de cada cultura, que, no caso do milho, é de 15%, e da capacidade tampão do solo, valor Y. O componente **CD** na equação é a correção da deficiência nos teores de cálcio e do magnésio.

$$CA = Y [Al^{+3} - (mt \times CTC \text{ efetiva} / 100)]$$

Pelo exposto, a expressão parcial da CA é: Os valores de Y são uma função do poder tampão do solo e da textura; portanto, solos arenosos (0-15% argila), Y= 0 a 1; solos com textura média (15-35% argila), Y= 1 a 2; solos argilosos (35-60% argila), Y= 2 a 3 e solos muito argilosos (maior que 60% argila), Y= 3 a 4.

O Al^{+3} , a acidez trocável, expressa em $\text{Cmol}_e/\text{dm}^3$, mt, máxima saturação por Al,

em % e CTC efetiva, valor t, em $\text{Cmol}_c / \text{dm}^3$. Se, nesta expressão, valores negativos tiverem sido obtidos, considera-se $\text{CA} = 0$, para efeito de cálculos, ficando a NC somente com o segundo termo da fórmula geral, ou seja, o termo CD, que é a correção da deficiência de Ca e do Mg.

A correção da deficiência de Ca e de Mg, o termo CD, é dado pela expressão:

$$\text{CD} = X - (\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2})$$

Os valores Ca e Mg são expressos em $\text{Cmol} / \text{dm}^3$ e o valor X é baseado na necessidade desses cátions pela cultura, no caso do milho, $X = 2$

A expressão geral da necessidade de calagem, considerando os dois termos dimensionados, é:

$$= Y [\text{Al}^{+3} - (\text{mt} \times \text{CTC efetiva} / 100)] + [X - (\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2})]$$

Nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do sul, A NC tem sido estimada pelo uso das expressões:

$\text{NC (t/ha)} = \text{Al}^3 \times 2$, baseado na eliminação do Al trocável;

$\text{NC (t/ha)} = \text{Al}^3 \times 2 + 2 - (\text{Ca}^2 + \text{Mg}^2)$, baseado na eliminação e na elevação dos teores de cálcio e do magnésio

b) Saturação por bases – Esse método teve sua origem no estado de São Paulo, em trabalhos de Catani e Gallo (1955), seguidos por Raij et al. (1979) e, por último, a versão em uso, proposta por Quaggio et al. (1983). É baseado na correlação do pH do solo com a saturação por bases e requer, em rotina laboratorial, a determinação de Ca, Mg, K; em alguns casos, também o Na, além da determinação de $\text{H} + \text{Al}$ (acidez potencial), extraídos com acetato de cálcio 0,5M, ajustado ao pH 7.

A fórmula para o cálculo da necessidade de calagem, em toneladas/hectare, é representada pela expressão:

$$\text{NC} = (\text{V2} - \text{V1}) \text{CTC} / 100$$

em que a CTC representa a soma das bases Ca, Mg, K e Na, com os valores da acidez potencial ($\text{H} + \text{Al}$) expressos em $\text{Cmol}_c / \text{dm}^3$. O valor V2 é a saturação de bases que se deseja elevar e V1, a saturação original do solo através da análise química. No caso do milho, recomendam-se valores de V2 entre 50% e 60%.

Independente do método a ser usado, recomenda-se, quando for conveniente, a correção da quantidade de calcário a um valor de 100%, através a expressão:

$$\text{NC}_c = 100 / \text{PRNT}$$

Escolha do calcário

A indústria de calcário coloca no mercado produtos com ampla variação na granulometria, nos teores de cálcio e magnésio e no PRNT. Cabe ao técnico, com base na análise de solo, na exigência da cultura e no preço do calcário, analisar as várias alternativas oferecidas e decidir qual a solução mais técnica e econômica. Na decisão final, entre outras informações, o preço por tonelada efetiva é uma variável de grande interesse e, para tal, a seguinte relação deve ser usada:

$$\text{Preço por tonelada efetiva} = \frac{\text{Preço por tonelada na propriedade}}{\text{PRNT (\%)}}$$

No Brasil, há preferência pelo uso de calcários dolomíticos e magnesianos sobre os calcíticos, visando a manutenção de uma relação Ca: Mg de 3:1 a 5:1. Para a cultura do sorgo, resultados experimentais mostraram que essa relação pode ser mais ampla ($\text{Ca} : \text{Mg} = 10:1$), sem prejuízo da produção, desde que o teor de magnésio no solo esteja acima de $0,5 \text{ cmol} / \text{dm}^3$ de solo. Entretanto, devido à maior exigência da soja pelo magnésio, em áreas utilizadas com a rotação soja - milho, o teor de magnésio no solo, deve ser de, no mínimo, $1 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$.

Caraterísticas da qualidade dos materiais corretivos

As principais características relacionadas com a qualidade dos corretivos são: teor de neutralizantes (poder de neutralização-PN),

tamanho das partículas, forma química dos neutralizantes e natureza geológica.

O teor de neutralizantes (PN) é determinado diretamente com ácido clorídrico e expresso em %. A conversão dos óxidos de Ca e de Mg em "CaCO₃ equivalente" é denominado Valor Neutralizante - **VN**. Por essa razão, o CaCO₃ possui um valor VN igual a 100%. O VN do MgCO₃ é 119, para o CaO, este valor é de 179 e, para o VN do MgO, 248. Esses números mostram que os óxidos de Ca e de Mg neutralizam a acidez do solo na ordem de 1,79 e de 2,48 vezes mais, quando comparados com o poder neutralizante dos carbonatos. Dessa forma, pode-se, através da análise química dos corretivos, calcular o E CaCO₃, por exemplo: material A = 25% CaO e 15% MgO - (25 x 1,79 + 15 x 2,48) = 82% Material B = 60% CaO e 12% MgO - (60 x 1,19 + 12 x 2,28) = 137,2% Como ilustração, num material que possua um PN de 110%, significa que 100 kg desse material tem a mesma capacidade neutralizante de 110 kg de CaCO₃. Há casos em que o VN superestima a capacidade de neutralização do corretivo (PN); isso se deve a algumas frações insolúveis de Ca e de Mg que não participam da neutralização da acidez do solo.

A legislação brasileira não exige teores mínimos de E CaCO₃; porém, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento recomenda que a soma dos óxidos de Ca e de Mg não deve ser menor que 38% e o PRNT não inferior a 67%. Há resultados experimentais que apontam valores de E CaCO₃ menores que 80% indicativos de má qualidade do corretivo.

A granulometria, segundo a legislação brasileira (ABNT), deve seguir as seguintes características: 95% do material deve passar na peneira 10 (2mm), 70% deve passar na peneira 20 (0,84mm) e 50% passar na peneira 50 (0,30mm). Através as frações granulométricas, pode-se estimar a reatividade do material corretivo, em função das peneiras usadas (Tabela 1).

A combinação do PN com a reatividade (RE) permite estimar o Poder Relativo de Neutralização Total (**PRNT**), através da seguinte fórmula:

$$\text{PRNT} = \text{PN} \times \text{RE} / 100$$

Quanto à forma química dos corretivos, ressalta-se que os óxidos de Ca e de Mg têm reação instantânea com a água, formando hidróxidos, $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$

Esses hidróxidos apresentam reatividade muito mais alta que os carbonatos, porém apresentam algumas desvantagens: a) devem ser imediatamente incorporados, pois, devido à umidade e na presença de CO₂, tornam-se empedrados e carbonatados; b) são muito cáusticos; c) devido à sua elevada finura, perdem-se facilmente com o vento durante a aplicação; d) são de custo bem elevado.

Não foram observadas diferenças no aumento do pH do solo quando se compararam os calcários dolomíticos com os calcíticos. Existem dois critérios para a classificação dos calcários:

a. pelos teores de MgO

calcíticos (< 5 dag/kg de MgO)

magnesianos (entre 5 e 12 dag/kg de MgO)

e dolomíticos (> 12 dag/kg de MgO)

Tabela 1. Reatividade de corretivos em função da peneira usada.

Fração granulométrica	Peneira ABNT	Reatividade (%)
> 2,00 mm	Retida no. 10	0
0,84 - 2,00 mm	Passa no. 10, retida no 20	20
0,30 - 0,84 mm	Passa no.20, retida no 50	60
≤ 0,84 mm	Passa no.50	100

Fonte: Adaptada de CFSEMG-5ª Aproximação (1999).

b. pelos valores de PRNT

Grupo A (PRNT entre 45 e 60%)

Grupo B (PRNT entre 60,1 e 75%)

Grupo C (PRNT entre 75,1 e 90%) e

Grupo D (PRNT maior que 90%).

Do exposto, observa-se que a decisão baseada nos teores de MgO serão em função da análise química do solo e dos valores de Ca e Mg nas mesmas, porquanto aquelas baseadas nos valores de PRNT, aspectos econômicos, são importantes, como também preferir materiais pertencentes ao Grupo D ou próximos a ele.

Aplicação do calcário

Os materiais corretivos comumente usados na agricultura são rochas moídas, sendo elas misturas de calcita e dolomita, as quais possuem, em suas composições, carbonatos de cálcio e de magnésio, que são pouco solúveis. As rochas calcárias calcinadas, que contêm óxidos de cálcio e magnésio (cal virgem) ou os materiais hidratados oriundos dos óxidos, os hidróxidos de Ca e de Mg (cal hidratada), apesar de serem mais solúveis que os carbonatos, têm sido menos usados na agricultura.

Recomenda-se que a aplicação do calcário seja a mais uniforme possível, em toda a extensão do terreno, de modo que haja a mais íntima mistura com as partículas do solo, aumentando a superfície de contato.

A incorporação do calcário deverá ser a mais profunda possível, de preferência a profundidades maiores que 20 cm. Essa observação ainda é mais relevante quando se recomendam quantidades superiores a 4 toneladas/ha. Nessa situação, sugere-se o parcelamento em duas vezes, ou seja, metade antes da aração e a outra metade após essa operação, seguindo-se a esta última uma gradagem.

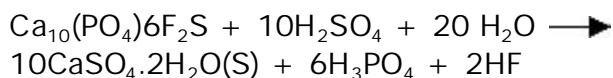
Em solos sob plantio direto consolidado, é possível aplicar o calcário na superfície, sem a necessidade de revolvimento para incorporação (aração e gradagem). Nessa situação, as quantidades são menores e as recomendações são baseadas na textura do solo: a) *Solos argilosos*: 1/3 a 1/2 da necessidade de calcário (NC), pelo método de saturação de bases, para a camada de 0 a 20 cm. Se maior que 2,5 t/ha, adotar o valor limite; b) *Solos de textura média*

e arenosos: 1/2 da necessidade de calcário (NC), pelo método de saturação de bases, para a camada de 0 a 20 cm. Se maior que 1,5 a 2 t/ha, adotar o valor limite.

A necessidade de uma nova aplicação de calcário deve ser monitorada pela saturação por bases do solo. Com valores iguais ou superiores a 50%, não efetuar a calagem. (Lopes, comunicação pessoal).

Gesso

O gesso agrícola é também denominado fosfogesso. As indústrias de fertilizantes, durante o processo de fabricação de superfosfatos, simples e triplo, e fosfatos de amônio, MAP e DAP, usam como matéria prima a rocha fosfática, geralmente a fluorapatita. Esta, ao ser atacada com ácido sulfúrico, na presença de água, forma, como subprodutos, o sulfato de cálcio, ácido fosfórico e ácido fluorídrico, de acordo com a seguinte equação:



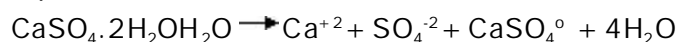
Os dados da eficiência industrial apontam que para cada tonelada de P_2O_5 obtida, são produzidas 4,5 toneladas de gesso agrícola. Essa relação evidencia o grande acúmulo desse material em plantas industriais ligadas ao setor. O gesso e o sulfato de cálcio dihidratado, apresentando-se na forma de pó branco-amarelado. Sua composição média, segundo Vitti e Malavolta (1983), é : Umidade livre 15-17%; CaO 26-28%; S 15-16%; P_2O_5 0,6 - 0,75%, SiO_2 insolúveis 1,26%; Fluoretos 0,63% e óxidos de Al e Fe 0,37%.

O gesso é um sal pouco solúvel (2,0 a 2,5 g/L) e tem sido empregado na agricultura devido à retirada gradual do enxofre das formulações, concentrações mais elevadas de nutrientes nas formulações comerciais e excessiva produção e alta armazenagem industrial. Sob a ótica agrônoma, seu emprego tem sido justificado em duas situações, principalmente: a) onde requeiram fornecimento de cálcio e de enxofre; b) na diminuição de concentrações tóxicas do alumínio trocável nas camadas subsuperficiais, com conseqüente aumento de cálcio nessas camadas, visando “melhorar” o ambiente para o crescimento radicular.

Na primeira situação, a aplicação de uma tonelada de gesso, são adicionados 0,48 Cmol / dm³ do elemento. Por outro lado, sabe-se que apenas 250 kg/ha são necessários para atender as necessidades de S das plantas, razão pela qual, ao se usar alguns fertilizantes, está sendo adicionado também enxofre, por exemplo: o superfosfato simples contém 12%, o sulfato de amônio 24%, o FosMag 11% e fontes menos solúveis, como o fosfato natural parcialmente acidulado, 6%.

Esses fatores devem ser considerados, pois as quantidades de enxofre aplicadas através desses produtos podem já ser suficientes para atender as necessidades da cultura.

Na segunda situação, o gesso em contato com o solo e com umidade suficiente, sofre inicialmente uma dissolução, segundo a equação:



Os íons cálcio e sulfato irão participar de reações de troca catiônica e aniônica na solução do solo. Dessa forma, os íons Ca deslocam outros cátions, como o Al, K, Mg e H, porquanto os íons sulfato formam complexos químicos solúveis neutros, como MgSO₄ o, K₂SO₄ o e também AlSO₄ o. Esses complexos, por apresentarem grande mobilidade, favorecem a descida desses cátions no perfil. Sais que apresentam alta mobilidade, como os nitratos (exemplo, KNO₃), que não interagem com a fase sólida, são facilmente arrastados no perfil, ocasionando acúmulo nas camadas mais profundas e, em alguns casos, levando a deficiência às plantas.

Critérios para recomendação de gesso

A tomada de decisão sobre o uso do gesso agrícola deve sempre ser feita com base no conhecimento de algumas características químicas e na textura do solo, das camadas subsuperficiais (20 a 40 cm e 30 a 60 cm).

Haverá maior probabilidade de resposta ao gesso quando a saturação por Al³⁺ for maior que 30 %, (m³ 30%) ou o teor de Ca menor que 0,4 cmol_c/dm³ de solo.

Nos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, os valores de m% são £ 20% e a saturação de Ca de 60% na CTC efetiva.

Uma vez estabelecidas aquelas características, as quantidades sugeridas são:

1. solos de textura arenosa (< 15 % de argila) = 0 a 0,4 t/ha;
2. solos de textura média (15 a 35 % de argila) = 0,4 a 0,8 t/ha;
3. solos argilosos (36 a 60 % de argila) = 0,8 a 1,2 t/ha;
4. solos muito argilosos (> 60 % de argila) = 1,2 a 1,6 t/ha. (Alvares et al., 1999).

A aplicação de gesso agrícola deve ser feita a lance individual ou separadamente, com a aplicação do calcário (Alvares et al., 1999).

Literatura Citada

ALVARES V. V.H.; NOVAES, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A.S.

Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARAES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5. Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.

GOEDERT, W.J.; SOUSA, D.M.G. de; SCOLARI, D.D.G. **Crítérios para recomendação de calagem e adubação**. Brasília: EMBRAPA-CPAC, 1987. 55p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 25)

QUAGGIO, J.A. Métodos de laboratório para determinação da necessidade de calagem em solos. In: REUNIAO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 15.; SIMPOSIO SOBRE ACIDEZ E CALAGEM, 1982, Campinas. **Acidez e calagem no Brasil**. Campinas: SBCS, 1983. p.33-48. Coordenado por Bernardo van Raij, Ondino Cleante Bataglia, Nelson Machado da Silva.

Comunicado Técnico, 53

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Milho e Sorgo
Caixa Postal 151 CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: 0xx31 3779 1000
Fax: 0xx31 3779 1088
E-mail: sac@cnpms.embrapa.br

**MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO**

1ª edição
1ª impressão (2002) Tiragem: 200

Comitê de Publicações

Presidente: Ivan Cruz
Secretário-Executivo: Frederico Ozanan Machado Durães
Membros: Antônio Carlos de Oliveira, Arnaldo Ferreira da Silva, Carlos Roberto Casela, Fernando Tavares Fernandes e Paulo Afonso Viana

Expediente

Supervisor editorial: José Heitor Vasconcellos
Revisão de texto: Dilermando Lúcio de Oliveira
Editoração eletrônica: Tânia Mara Assunção Barbosa