

# 5 Calagem e Adubação



Nand Kumar Fageria (In memoriam)  
Maria da Conceição Santana Carvalho  
Itamar Pereira de Oliveira

96

**Em que situações a calagem é recomendada para a cultura do feijoeiro?**



A calagem é recomendada para corrigir a acidez dos solos com altos teores de alumínio (Al) e hidrogênio (H) e, algumas vezes, dos solos com altos teores de manganês (Mn). É também recomendada para solos pobres em cálcio (Ca) e magnésio (Mg).

97

**Por que a correção da acidez dos solos é feita geralmente com calcário?**

Os carbonatos, comumente denominados de calcário, são mais usados por terem menor custo que os óxidos e/ou hidróxidos de cálcio e/ou magnésio e os silicatos e por serem encontrados em quase todos os estados brasileiros.

98

**Que tipos de calcário existem no mercado brasileiro?**

Os calcários podem ser divididos em três tipos:

- Calcíticos: são os que apresentam até 5% de óxido de magnésio (MgO).
- Magnesianos: são os que apresentam de 5,1% a 12% de óxido de magnésio.
- Dolomíticos: são os que apresentam mais de 12% de óxido de magnésio.

99

**Qual é a quantidade de cálcio nos diferentes tipos de calcário?**

Os calcários podem ser divididos em três tipos, de acordo com o teor de cálcio:

- Calcítico tem 40%-45% de óxido de cálcio (CaO) ou 29%-32% de cálcio.

- Magnesiano tem 31%-39% de óxido de cálcio ou 22%-28% de cálcio.
- Dolomítico tem 25%-30% de óxido de cálcio ou 18%-22% de cálcio.

### 100 Como a prática da calagem afeta os íons do solo?

A calagem:

- Diminui a concentração do hidrogênio em solos de pH baixo.
- Aumenta a concentração de oxidrilas, elevando o pH à faixa ideal para o desenvolvimento das plantas.
- Diminui a solubilidade de elementos tóxicos à cultura, como o alumínio e o manganês, quando encontrados em grandes concentrações.
- Aumenta a disponibilidade dos fosfatos e molibdatos.
- Aumenta as concentrações de cálcio e magnésio trocáveis, bem como a percentagem de saturação por bases.

### 101 Como a calagem afeta a física e a biologia do solo?

A calagem melhora a estruturação do solo (favorecendo a formação de macroporos e microporos, que resulta em aumento do arejamento do solo, importante para o desenvolvimento das raízes) e favorece a decomposição da matéria orgânica (aumentando a disponibilidade de nitrogênio e a atividade microbiana, a qual incrementa a fixação biológica do nitrogênio, realizada pelo rizóbio em simbiose na raiz do feijoeiro).

### 102 Por que o aumento do pH do solo favorece o desenvolvimento do feijoeiro?

Grandes áreas de solos do Brasil apresentam valores de pH abaixo de 5,5. O valor ideal de pH para o desenvolvimento do fei-



joeiro situa-se em torno de 6,0. Neste nível de pH, todos os nutrientes essenciais a essa cultura estão ou em disponibilidade máxima ou em disponibilidade suficiente para o desenvolvimento das plantas.

**103** Que fatores são levados em consideração para se recomendar a calagem?

Para a recomendação de calagem, são levados em consideração fatores do solo (como o grau de acidez trocável ou potencial, os teores de cálcio e magnésio, a textura e o teor de matéria orgânica), fatores do corretivo (como a granulometria e seu poder neutralizante) e fatores da planta (como o grau de tolerância à acidez).

**104** Como retirar amostras de solo para fins de análise da acidez?

A amostragem de solos deve obedecer a alguns critérios. Entre eles, recomenda-se observar a topografia e a coloração dos solos. Pela topografia, pode-se verificar a variação de nutrientes da área e, pela coloração, a fertilidade em termos tanto de nutrientes como de concentração de matéria orgânica. Recomenda-se fazer, no mínimo, dez amostras simples para formar uma amostra composta, sendo que cada amostra deverá representar no máximo 10 hectares. É preciso amostrar profundidades de 0 cm-20 cm e 20 cm-40 cm em plantios convencionais e 0 cm-10 cm, 10 cm-20 cm e 20 cm-40 cm em plantio direto. Não se deve misturar amostras de diferentes profundidades, cores e topografias. Em solos não planos, é necessário fazer amostras nas partes alta, média e baixa separadamente.

### **105 Como deve ser realizada a calagem?**

No sistema de plantio convencional, o calcário deve ser distribuído em superfície e incorporado ao solo. A profundidade de incorporação, normalmente, é de 20 cm, mas pode ser maior, dependendo da acidez do subsolo. Por isso, as análises de rotina devem ser realizadas até a profundidade de 40 cm. O custo da operação obriga o calcário ser aplicado de uma só vez, embora seja desejável aplicar duas vezes, a primeira antes da aração e a segunda após a aração e antes da gradagem.

No SPD, ao se perceber diminuição nos níveis de cálcio, magnésio, saturação de bases e pH, deverá ser realizada a calagem em superfície, sem incorporar o calcário, tomando os devidos cuidados para que a dose não ultrapasse 1,5 t/ha em cada ano agrícola.

A distribuição do calcário pode ser realizada com diferentes máquinas, desde as mais simples às mais sofisticadas. Todas utilizam um ou dois discos com paletas que giram distribuindo o calcário. Na presença de vento forte, é comum molhar o calcário para evitar deriva, mas nesse caso é necessário que a máquina possua mecanismo de esteira para abastecer os discos distribuidores.

### **106 Depois de quanto tempo deve-se fazer nova calagem?**

A maneira correta de se determinar a necessidade de realizar nova calagem é proceder à análise do solo, pois o processo de acidificação é contínuo, mesmo depois que a calagem é realizada.

### **107 Em que época deve-se realizar a calagem?**

O calcário como corretivo deve ser aplicado pelo menos 60 dias antes da semeadura. Depois de 6 meses de contato com o solo, a reação do calcário com o solo é quase completa. Depois de

3 meses, mais de 60% do calcário mais fino já reagiu com o solo. Porém, a reação do calcário com o solo ou, em outras palavras, o sucesso da calagem, depende da disponibilidade de água. Sem água no solo para iniciar a reação, a incorporação do calcário terá pouco efeito, mesmo aplicado com certa antecedência à semeadura.

**108 Em sistemas agrícolas de uso intensivo do solo, a frequência da aplicação de calcário pode aumentar?**

Sim, principalmente naqueles sistemas em que se usam doses mais frequentes e/ou elevadas de adubos de composição amoniacal.

**109 Para corrigir a acidez dos solos, pode-se utilizar qualquer tipo de calcário?**

Não, porque existem grandes variações de qualidade entre os calcários disponíveis no mercado. No processo de escolha e aquisição de um calcário, deve-se considerar, prioritariamente, a qualidade do calcário, expressa pelos teores de óxido de cálcio (CaO) e óxido de magnésio (MgO) e pelo poder reativo de neutralização total (PRNT).

Não basta que o calcário tenha altos teores de óxido de cálcio ou de óxido de magnésio para funcionar bem como corretivo. É necessário também que o calcário se solubilize no solo. Para isso, a granulometria é muito importante. Os calcários de textura grossa, por exemplo, reagem muito lentamente e podem até nem reagir no solo.

**110 Qual deve ser o percentual do poder reativo de neutralização total (PRNT) do calcário?**

A legislação brasileira não estabelece um valor mínimo para o PRNT, mas estabelece o valor mínimo de 67% para o valor neutralizante do corretivo (VN) para sua comercialização. Esse valor neutralizante, que expressa o grau de finura do calcário e sua

reatividade no solo, é calculado em relação ao valor neutralizante do carbonato de cálcio puro tomado como valor 100. Entretanto, considerando-se que, quanto maior for o valor do PRNT, melhor será a qualidade do calcário, recomenda-se utilizar calcário com um mínimo de 80% de PRNT.

### 111 Como se calcula a necessidade de calcário de um solo?

Existem três métodos para determinar a necessidade de calcário: (1) neutralização do alumínio trocável e elevação dos teores de cálcio e magnésio; (2) elevação da saturação por bases; e (3) solução-tampão (SMP).

### 112 Como se calcula a necessidade de calcário para a cultura do feijoeiro pelo método baseado em neutralização do Al trocável e elevação dos teores de Ca e Mg?

Para solos com teor de argila maior que 20% e teor de cálcio + magnésio maior que 2  $\text{cmol}_c/\text{kg}$  ou  $\text{dm}^3$  de solo, recomenda-se empregar a fórmula:

$$\text{NC} = \text{Al} \times 2 \times (100/\text{PRNT})$$

Em que:

NC = necessidade de calcário, em t/ha.

Al = teor de alumínio trocável, em  $\text{cmol}_c/\text{kg}$  ou  $\text{dm}^3$  de solo.

PRNT = poder relativo de neutralização total, em %.

Para solos com teor de argila maior que 20% e teor de cálcio + magnésio menor que 2  $\text{cmol}_c/\text{kg}$  ou  $\text{dm}^3$  de solo, recomenda-se empregar a fórmula:

$$\text{NC} = \{\text{Al} \times 2 + [3 - (\text{Ca} + \text{Mg})]\} \times (100/\text{PRNT})$$

Em que:

Ca e Mg = teores de cálcio e magnésio trocáveis, em  $\text{cmol}_c/\text{kg}$  ou  $\text{dm}^3$  de solo, respectivamente.

Quando se tratar de solo com teor de argila menor que 20%, a necessidade de calcário será indicada pelo maior valor encontrado entre uma das seguintes fórmulas:

$$NC = AI \times 2 \times (100/PRNT)$$

ou

$$NC = [3 - (Ca + Mg)] \times (100/PRNT)$$

113

### Como se calcula a necessidade de calcário para a cultura do feijoeiro pelo método baseado na elevação da saturação por bases?

Em solos de fertilidade média a alta e pH baixo, pode-se usar a saturação por bases como critério para cálculo da necessidade de calagem por meio da fórmula:

$$NC = (V_2 - V_1) \times CTC_{pH7}/PRNT$$

Em que:

NC = necessidade de calcário, em t/ha.

$V_2$  = porcentagem de saturação por bases desejada (entre 60% e 70% para o feijoeiro).

$V_1$  = porcentagem de saturação por bases encontrada na análise de solo.

$CTC_{pH7}$  = capacidade de troca catiônica a pH = 7, determinada pela soma de cálcio, magnésio, potássio, hidrogênio e alumínio, expressa em  $cmol_c/dm^3$ .

PRNT = poder relativo de neutralização total, em %.

No cálculo da  $CTC_{pH7}$ , o sódio (Na) é incluído para correção de solos salinos, e o  $NH_4$  é incluído para correção de solos das regiões de clima temperado, ricos em matéria orgânica.

114

### Como se calcula a necessidade de calcário pelo método solução-tampão (SMP)?

O método SMP é baseado no uso de solução-tampão para a determinação da necessidade de calagem. Adiciona-se uma quantidade de solo a um volume da solução-tampão e agita-se. Estabelece-se o equilíbrio. O pH SMP é lido na suspensão. Correlaciona-se esse pH com o pH encontrado em uma curva de

incubação construída com doses crescentes de carbonato de cálcio ou hidróxido de cálcio. Verifica-se a quantidade de carbonato que equivalha ao calcário de uso agrícola que eleva o pH a 6,0.

**115** Quais são os níveis de saturação por bases recomendados para o sistema de plantio direto?

Como não existem informações específicas sobre os níveis de saturação por bases para o sistema de plantio direto, recomendam-se os mesmos utilizados para o sistema convencional de preparo do solo.

**116** Em que situação é necessário o uso de adubação?

A adubação deve ser usada em toda e qualquer área em que se quer alcançar altas produtividades do feijoeiro. As plantas necessitam de 16 nutrientes para seu desenvolvimento satisfatório, sendo a maioria deles provenientes do solo. Assim, quando alguns dos nutrientes se encontram em quantidades insuficientes no solo para o desenvolvimento normal do feijoeiro, devem ser complementados com adubação.

**117** Que nutrientes são absorvidos em maior quantidade pelo feijoeiro?

Pela ordem crescente, os mais absorvidos são:

- Macronutrientes: nitrogênio > potássio > cálcio > magnésio > enxofre > fósforo.
- Micronutrientes: ferro > manganês > zinco > boro > cobre > molibdênio.



118

**Quais são as quantidades de nutrientes exportadas pelos grãos do feijoeiro?**

As quantidades médias de macronutrientes exportadas por tonelada de grãos são: 32,2 kg de nitrogênio, 18,6 kg de potássio, 9,2 kg de enxofre, 3,7 kg de fósforo, 3,2 kg de cálcio e 3,1 kg de magnésio.

As quantidades médias dos micronutrientes são: 20 g de ferro, 15 g de zinco, 7,5 g de boro, 6 g de manganês, 3 g de cobre e 0,75 g de molibdênio.

119

**O que deve ser considerado ao se determinar a quantidade de adubo a ser aplicado para a cultura do feijoeiro?**

A prática da adubação depende de vários fatores, que devem ser previamente analisados, para orientar os agricultores na tomada de decisão correta, levando em conta os aspectos agronômicos (maior eficiência dos fertilizantes) e econômicos (maior renda líquida para o produtor). Para atender a esses princípios, a recomendação da adubação deve ser fundamentada em:

- Resultados de análises de solo complementadas pela análise da planta.
- Histórico da área.
- Conhecimento agronômico da cultura.
- Comportamento da cultivar.
- Comportamento dos fertilizantes no solo.
- Disponibilidade de capital do agricultor para aquisição de fertilizantes.
- Expectativa de produtividade.

120

**Qual é a importância da adubação nitrogenada para o feijoeiro?**

O nitrogênio estimula o crescimento vegetativo da planta, além de formar alguns componentes importantes no grão, como os

aminoácidos e as proteínas. As plantas de feijoeiro devem apresentar um vigoroso crescimento vegetativo para expressar o seu potencial produtivo.

121

**Por que a fixação biológica nem sempre consegue suprir todo o nitrogênio necessário para que o feijoeiro tenha altos rendimentos?**

Acredita-se que a razão seja falta de carboidratos para suportar altas taxas de fixação de nitrogênio nos nódulos presentes no sistema radicular, na fase posterior ao início da floração, quando a planta tem maior exigência de nitrogênio para suportar as altas taxas de crescimento de vagens e grãos.

Nesta fase, toda a atividade metabólica da planta é direcionada para as vagens e os grãos em crescimento e, em consequência, não há suprimento adequado de carboidratos para suportar a fixação biológica do nitrogênio e a sua incorporação em esqueletos de carbono, produzindo aminoácidos, no sistema radicular.

122

**Quais são os métodos de aplicação de nitrogênio em cobertura no cultivo do feijoeiro?**

Há vários métodos de aplicação de adubos nitrogenados em cobertura, que se dividem em:

- Superficial: distribuição do adubo granulado na superfície do solo de forma manual ou utilizando equipamentos movidos por tração humana, animal ou tratorizada.
- Subterrâneo: distribuição do adubo granulado em subsuperfície do solo ao lado da linha de semeadura de forma manual (com uso de enxada, por exemplo) ou com equipamentos movidos por tração humana, animal ou tratorizada.
- Fertirrigação: distribuição do adubo utilizando-se fontes nitrogenadas solúveis em água por meio de equipamento de irrigação próprio para esse fim.

- Pulverização: distribuição de adubo utilizando-se fontes nitrogenadas solúveis em água por meio de equipamentos de pulverização factíveis.

**123** Quais são as quantidades de nitrogênio a serem utilizadas no cultivo do feijoeiro?

Em geral, na adubação nitrogenada do feijoeiro, recomendam-se de 20 kg/ha a 40 kg/ha de nitrogênio por ocasião da semeadura e de 20 kg/ha a 60 kg/ha de nitrogênio em cobertura entre 20 e 30 dias após a emergência das plantas. Em cultivos irrigados, de alta produtividade, tem-se verificado resposta a doses de nitrogênio maiores que 120 kg/ha.

**124** Em quais situações a aplicação do nitrogênio na cultura do feijoeiro deve ser parcelada?

O parcelamento do nitrogênio geralmente é desejável, pois esse nutriente é suscetível a diferentes tipos de perdas após a sua aplicação. A dúvida é quantos parcelamentos fazer. Em geral, são recomendados dois parcelamentos do nitrogênio.

No entanto, quando o feijoeiro é cultivado em período chuvoso e em solo arenoso, pode-se parcelar a aplicação em até cinco vezes. As datas e a quantidade por aplicação devem ser planejadas com base no sistema de plantio (convencional ou direto) e na cultura anterior. Normalmente, recomenda-se que cerca de 70%-80% da dose de cobertura seja aplicada até 30 dias após a emergência do feijoeiro.

**125** Qual é a fonte de nitrogênio ideal para a cultura do feijoeiro?

Não há diferença de respostas do feijoeiro a fontes de nitrogênio. A escolha deve ser feita em função da disponibilidade e do preço do produto.

126

**No sistema de plantio direto, podem ocorrer sintomas de deficiência de nitrogênio no feijoeiro?**

Sim, principalmente em áreas novas com o sistema de plantio direto e com grande quantidade de palha na superfície do solo. Há uma competição entre os microrganismos que fazem a decomposição da palha e o sistema radicular do feijoeiro pelo nitrogênio do solo, resultando na carência desse nutriente para a planta.

127

**A aplicação de nitrogênio na floração pode aumentar o rendimento de grãos do feijoeiro?**

A aplicação de nitrogênio a partir da floração normalmente não aumenta significativamente o rendimento de grãos. Em geral, pode-se esperar somente um aumento na massa seca e/ou no teor de proteínas dos grãos. Um dos motivos é que a absorção do nitrogênio, assim como dos demais nutrientes, é bastante reduzida após a floração em virtude da diminuição da atividade metabólica radicular. Além disso, a aplicação de nitrogênio durante a floração pode abortar as flores, estimulando as plantas ao crescimento vegetativo.

128

**Qual é a importância da adubação fosfatada para o feijoeiro?**

O fósforo é a fonte de energia para o feijoeiro, e esse nutriente aumenta o sistema radicular. Solos do Cerrado naturalmente possuem baixa quantidade desse elemento, e seu fornecimento via adubação aumenta a capacidade da planta de buscar nutrientes e água. Planta deficiente em fósforo apresenta crescimento reduzido, envelhecimento precoce e redução da fixação nitrogenada.

129

**Que fontes de fósforo podem ser utilizadas pelo feijoeiro?**

Pelo fato de o feijoeiro ser uma planta de ciclo curto, as fontes solúveis são as mais indicadas, como os adubos formulados

comerciais, o fosfato monoamônico (MAP), o fosfato diamônico (DAP) e os superfosfatos triplo e simples.

**130 Qual é a dose de fósforo recomendada para a cultura do feijoeiro?**

As doses de fósforo são recomendadas com base na análise química do solo. Em geral, a dose de fósforo varia de 50 kg/ha a 120 kg/ha de pentóxido de fósforo ( $P_2O_5$ ).

**131 Qual é a importância da adubação potássica para o feijoeiro?**

O potássio é um nutriente que não integra nenhum composto na planta, mas está presente em várias enzimas que participam das reações de síntese e hidrólise nos tecidos vegetais. Sua presença, em quantidades adequadas, é importante na formação de compostos orgânicos e na redução da incidência de doenças.

**132 Qual é a dose de potássio recomendada para a cultura do feijoeiro?**

As doses de potássio são recomendadas com base na análise química do solo. Em geral, a dose de potássio varia de 50 kg/ha a 80 kg/ha de óxido de potássio ( $K_2O$ ), e a fonte, na maioria das vezes, é o cloreto de potássio (60% de  $K_2O$ ).



133

**Quando e como deve ser feita a adubação potássica em cobertura?**

Em certas condições (por exemplo, quando o solo possui baixa capacidade de troca de cátions, quando está localizado em áreas onde chove muito e quando é preciso aplicar grandes quantidades do fertilizante), a aplicação do potássio deve ser parcelada. Nessas situações, recomenda-se aplicar o potássio em duas vezes, na semeadura e em cobertura, junto com o nitrogênio.

Em solos com presença de patógenos de solo que prejudicam o feijoeiro, recomenda-se a adubação potássica totalmente em cobertura, pois o potássio é um nutriente salino que pode causar ferimentos nos tecidos das raízes quando em maiores concentrações.

134

**Que adubos orgânicos podem ser utilizados no cultivo do feijoeiro?**

Pode ser usado qualquer adubo orgânico, desde que não contenha metais pesados como iodo, mercúrio e outros. Podem-se utilizar esterco de gado e de galinha, biofertilizantes e vários resíduos animais e vegetais. Ao aplicar o adubo orgânico, deve-se usar também uma fonte nitrogenada, como ureia ou sulfato de amônio, por exemplo, para que a relação carbono/nitrogênio atinja valores em torno de 10 a 12.

135

**A adubação verde é recomendada para o cultivo do feijoeiro?**

Sim. Existem comprovações científicas de que várias espécies de plantas, ao se decomporem, fornecem nutrientes para a cultura subsequente (principalmente o nitrogênio).

136

**Como é feita a coleta de material para a análise foliar do feijoeiro?**

É preciso coletar de 30 a 40 folhas de área representativa no terço médio da planta. Devem-se escolher folhas saudáveis, sem manchas ou ataque de pragas, na época do florescimento.

137

**Quais são os teores adequados de nutrientes nas folhas do feijoeiro na época do florescimento?**

Os teores adequados dos macronutrientes, em %, são: nitrogênio (2,8 - 6,0), fósforo (0,25 - 0,50), potássio (1,8 - 2,5), cálcio (0,8 - 3,0), magnésio (0,25 - 0,70) e enxofre (0,20 - 0,25).

Os teores adequados dos micronutrientes, em mg/kg, são: boro (30 - 60), cobre (10 - 20), ferro (100 - 450), manganês (30 - 300) e zinco (20 - 100).

138

**Quais são os principais sintomas de deficiência dos macronutrientes na cultura do feijoeiro?**

Os principais sintomas de deficiência de cada macronutriente são:

- Nitrogênio: amarelecimento das folhas mais velhas.
- Fósforo: diminuição no tamanho das folhas, folhas novas com coloração verde-azulada, sem brilho, e folhas mais velhas com coloração verde mais clara.
- Potássio: amarelecimento das bordas das folhas mais velhas, que evolui entre as nervuras.
- Cálcio: pequenas manchas acinzentadas nas folhas inferiores, que posteriormente são afetadas por amarelecimento parcial intenso, com início na base do folíolo, progredindo, em seguida, entre as nervuras. O caule, os pecíolos e os brotos exibem murchamento. As vagens ficam deformadas.

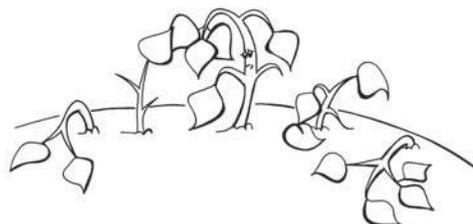
- Magnésio: amarelecimento fraco, generalizado, com nervuras verdes, que progride das folhas mais velhas para as mais novas.
- Enxofre: folíolos mais novos com clorose generalizada. Os folíolos cloróticos mostram-se transparentes, realçando as nervuras em fundo amarelado.

139

### Quais são os principais sintomas de deficiência dos micronutrientes mais requeridos pela cultura do feijoeiro?

Os principais sintomas de deficiência de cada micronutriente são:

- Boro: folíolos mais novos tornam-se verde-escuros, progredindo do ápice para a base. As folhas tornam-se retorcidas, espessas, com as nervuras de tonalidade verde-clara.
- Cobre: folíolos com coloração verde-escura, com enrugamento dos bordos e curvamento da ponta do limbo para baixo.
- Ferro: o limbo dos folíolos mais novos torna-se amarelado, destacando-se as nervuras. Com o progresso da deficiência, o amarelecimento torna-se generalizado, confundindo-se as nervuras e o limbo.
- Manganês: amarelecimento internerval das folhas mais novas. Nervuras e áreas adjacentes permanecem com coloração verde-intensa.
- Zinco: severa redução no tamanho da planta com entrenós comprimidos. As folhas podem tornar-se uniformemente de cor verde-seca, de tamanho reduzido e folíolos com formato de ponta de lança.



**140 O feijoeiro responde à adubação foliar?**

Sim. A adubação com micronutrientes via foliar pode ser utilizada para corrigir deficiências, porém, o custo da aplicação é maior em relação à aplicação no solo. A utilização de macronutrientes via foliar não é recomendada, porque a quantidade de nutriente que pode ser aplicada por vez é pequena. Comparada às necessidades das plantas, a assimilação desses pelas folhas do feijoeiro é bastante lenta. Além disso, o feijoeiro possui baixa tolerância a altas concentrações de sal.