

BOLETIM 100:

RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA O ESTADO DE SÃO PAULO

Editores

Heitor Cantarella

José Antonio Quaggio

Dirceu Mattos Jr.

Rodrigo Marcelli Boaretto

Bernardo van Raij



INSTITUTO AGRONÔMICO (IAC)
CAMPINAS (SP)
2022

1.1. AMOSTRAGEM DO SOLO PARA FINS DE FERTILIDADE

José Antonio Quaggio (¹)

Marcio Koiti Chiba (¹)

1. INTRODUÇÃO

Em seu estado natural, o solo apresenta variações nas características químicas, físicas e biológicas em função da ação diferencial de fatores como o tempo, o material de origem (rocha), a topografia, o clima e os organismos que nele vivem (plantas e animais). O cultivo de diferentes espécies de plantas e o manejo das adubações e correções de acidez também introduzem variações espaciais na fertilidade do solo. Assim, a amostragem do solo é a primeira etapa fundamental para um programa eficiente de adubação e calagem. Nem os modernos equipamentos e técnicas analíticas atualmente disponíveis podem corrigir os erros associados à amostragem.

Decisões importantes são tomadas com base na análise de solo. Assim, a amostragem deve ser vista como uma etapa que merece atenção especial. Por exemplo, uma amostra composta de 250 g, coletada na camada de 0-20 cm em uma área de 10 hectares, representará um volume de solo milhares de vezes maior a ser corrigido e adubado. Todo sucesso do programa de fertilidade do solo está baseado na informação que essa amostra irá fornecer e na confiabilidade com que ela representa a gleba.

Os solos têm variabilidade espacial na superfície. Embora em muitas situações os solos sejam parecidos em suas características visuais como cor, topografia e vegetação, diferenças nos processos de formação do solo

(¹) Instituto Agrônômico (IAC), Campinas (SP).

e a ação do homem com o cultivo e a aplicação de insumos agrícolas resultam em variação nas propriedades químicas, físicas e biológicas.

Além da dimensão horizontal, a área a ser amostrada tem uma terceira dimensão oculta: a profundidade. Sabe-se que camadas mais profundas têm grande importância para a capacidade de suprimento de água e nutrientes para as plantas tanto que em estudos de solos, o parâmetro profundidade efetiva caracteriza a profundidade de um solo na qual se encontram raízes ativas.

O conhecimento dessas variabilidades é necessário para estabelecer esquemas de amostragem adequados que possibilitem a adoção de programas robustos de correção da fertilidade do solo para otimizar a produção agrícola.

2. DEFINIÇÃO DE GLEBAS PARA AMOSTRAGEM E REGISTRO DE ANÁLISES

A princípio, a definição de glebas para amostragem deve seguir critérios que visem reduzir ao máximo a variabilidade. Como critério geral é recomendado que sejam separadas glebas com tamanho nunca superior a 20 hectares, amostrando cada uma isoladamente. Em propriedade de grande porte, a gleba de manejo pode ser maior, desde que ela seja homogênea.

Se a propriedade rural tiver mapa de solos, este pode ser utilizado inicialmente como base para a definição das áreas de amostragem, separando-as em função do tipo de solo ou glebas de manejo. As glebas escolhidas também devem ser homogêneas em relação à sua posição na topografia. Desta forma, recomenda-se separar os solos de topo de morro, meia encosta e baixada; separar em função da cor; separar em função da textura (exemplo: argilosos, arenosos). Um aspecto relevante é separar em glebas em função do histórico de produtividade. Convém ainda separar as áreas manejadas de acordo com o sistema de plantio direto (SPD) daquelas que são anualmente aradas e gradeadas. Em áreas com culturas perenes, a separação das glebas também deve considerar a cultivar, a idade das plantas e a produtividade.

Para que essa estratificação na definição das glebas homogêneas seja eficiente, é importante identificá-las de maneira clara e definitiva em um mapa. É fundamental manter o histórico das análises e da fertilidade do solo ao longo dos anos, o que além de aumentar a confiabilidade do diagnóstico, serve como critério de rejeição de resultados discrepantes devido a erros de amostragem ou analíticos do laboratório.

3. COLETA DAS AMOSTRAS DE SOLO

3.1. FERRAMENTAS PARA A AMOSTRAGEM

A coleta das amostras representativas de solo pode ser feita utilizando preferencialmente trado específico ou de forma alternativa, enxadão comum ou pá reta.

Existem vários tipos de trados: de rosca, caneco, holandês e sonda, sendo os dois últimos os mais difundidos no Brasil para a coleta de amostras de solo para fins de fertilidade. Há no mercado trados mecanizados manuais ou acoplados em quadriciclos. Esses equipamentos têm vantagens operacionais, como rapidez e maior uniformidade na profundidade e quantidade da amostra colhida em todos os pontos amostrais. A coleta de amostras sempre deve ser feita com equipamentos limpos, sem resíduos de amostragens anteriores e contaminantes e de preferência confeccionados em aço inox, importante para os micronutrientes. Isso também vale para baldes que preferencialmente devem ser de plástico para receber e armazenar as subamostras. Deve-se evitar utilizar equipamentos trados, baldes, etc. feitos com material galvanizado.

3.2. CUIDADOS NA AMOSTRAGEM E IDENTIFICAÇÃO DAS GLEBAS

Em cada ponto de coleta de solo, deve-se primeiramente afastar os detritos e os restos vegetais que estejam na superfície do solo e evitar locais próximos a cupinzeiros, formigueiros, carreadores, trilha de animais, construções, currais, canais escoadouros e locais onde foram depositados adubos e corretivos. A coleta com o trado é feita introduzindo o mesmo até a profundidade desejada, geralmente 20 cm,

para a camada arável. No caso de coleta de amostras de camadas mais profundas com o trado tipo holandês, deve-se descartar a terra lateral do trado coletando apenas a porção central da amostra.

Coletar 15 a 20 subamostras por gleba homogênea e combiná-las para formar a amostra composta, que vai para o laboratório. As subamostras devem ser bem misturadas, quebrando-se os torrões e retirando-se gravetos e outros resíduos que estejam presentes. Separar de 250 e 500 gramas da amostra composta e transferir para caixa de papelão apropriada para análise de solo ou para saco plástico limpo.

Essa porção de terra será enviada para o laboratório e por isso é importante que esteja identificada com o nome da propriedade, data da amostragem, gleba amostrada e profundidade. É necessário também manter na propriedade um registro das amostras enviadas ao laboratório com a sua identificação. Essas anotações são importantes porque servem para localizar as glebas homogêneas da propriedade para posterior aplicação de corretivos e adubos. O registro das quantidades de corretivos e fertilizantes aplicados a cada ano é útil para o acompanhamento da evolução da fertilidade do solo ao longo do tempo e para o cálculo do balanço de entradas e saídas de nutrientes removidos com a colheita.

3.3. LOCAL DE AMOSTRAGEM

Em áreas de culturas anuais ou antes da implantação de culturas perenes, a amostragem deve ser realizada em área total percorrendo a gleba homogênea em zigue-zague. Em locais com culturas perenes já implantadas, como frutíferas, café, eucalipto e seringueira, a amostragem deve ser feita ao longo da faixa adubada, que concentra o maior volume radicular e reflete melhor o efeito das aplicações anteriores de corretivos e adubos. Deve-se atentar que o local de amostragem do solo pode interferir no resultado das recomendações de manejo da fertilidade do solo.

Para melhor representar o sistema radicular das plantas perenes em geral e não fertirrigados, as subamostras devem ser retiradas na faixa de adubação, sendo uma coletada cerca de 50 cm para dentro e outra 50 cm para fora da projeção da copa das árvores. Para plantas fertirrigadas, a coleta das subamostras devem ser retiradas em pontos do lado de fora

do bulbo úmido, distante cerca de 2/3 da largura do bulbo da linha de emissores. Geralmente essa distância é de 30 cm a 50 cm da linha de gotejadores.

3.4. NÚMERO DE SUBAMOSTRAS PARA COMPOR A AMOSTRA COMPOSTA

É importante destacar que a amostragem deve ser composta por 15 a 20 subamostras, pois a redução do número de pontos amostrais implica no aumento do erro de amostragem conforme detalhado a seguir. A definição do número de subamostras para compor uma amostra composta baseia-se em estudos estatísticos, que buscam conciliar o número mais viável de subamostras a serem coletadas com a menor variabilidade aceitável.

A equação 1 permite calcular o número mínimo de amostras de solo (N) levando em consideração valores máximos admitidos do coeficiente de variação (CV) em torno da média para o máximo erro aceitável na amostragem. Para tanto, parte-se do conceito de erro padrão da média (E%), conforme a equação 1:

$$E\% = \frac{(CV\%)}{\sqrt{N}}$$

Onde CV% é o coeficiente de variação e N é o número de subamostras.

O intervalo de confiança (IC) em torno da média (m) de um dado atributo do solo é expresso pelo próprio valor médio mais ou menos o desvio calculado pela estatística t multiplicada pelo erro padrão da média (E%), conforme a equação 2:

$$IC = \left[m - t \frac{E\%}{100} m, m + t \frac{E\%}{100} m \right]$$

Disto, pode-se definir que a amplitude do intervalo de confiança (AIC) da média pode ser estimada pela equação 3:

$$AIC = 2t \frac{E\%}{100} m$$

Desta forma a variação aceitável para mais ou para menos ao redor da média será dada pelo termo $\left[2t \frac{E\%}{100}\right]$, que pode ser simplificado substituindo a equação 1 na equação 3, conforme a equação 4:

$$\frac{AIC}{m} = f = 2 \frac{t}{100} \frac{CV\%}{\sqrt{N}}$$

Onde f é a variação aceitável.

Isolando o termo referente ao número de amostras (N), obtém-se a equação 5:

$$N = \left[\frac{[(2t) (CV\%)]}{E\%} \right]^2$$

Onde N é o número de amostras a ser coletado; t é o valor tabelado do teste de probabilidade t para um determinado número de graus de liberdade (GL), do quadrado médio do erro e nível de significância 1- α ; CV é o coeficiente de variação e E% é a variação aceitável em torno da média, em percentagem, do parâmetro em questão.

Por exemplo, para determinar a variação em um determinado atributo do solo, com a coleta de uma amostra composta de vinte amostras simples (N = 20) e admitindo um coeficiente de variação máximo de 20%, foram calculados para os valores de 1- α iguais a 0,90; 0,95 e 0,80, respectivamente, variações em torno da média de cerca de 90%, 60% e 35%. Como os valores da estatística t para um número de amostras igual a 20 decrescem de 2,09 para 1,96 quando N tende ao infinito, é razoável inferir que o fator de maior peso na determinação do número ideal de amostras para um dado valor de E é o coeficiente de variação (CV%, na Equação 1).

Estudo realizado no Instituto Agrônomo (IAC) para teores de fósforo no solo (P resina) demonstra a relação entre o número de subamostras de solo e a variação aceitável de erro (Figura 1).

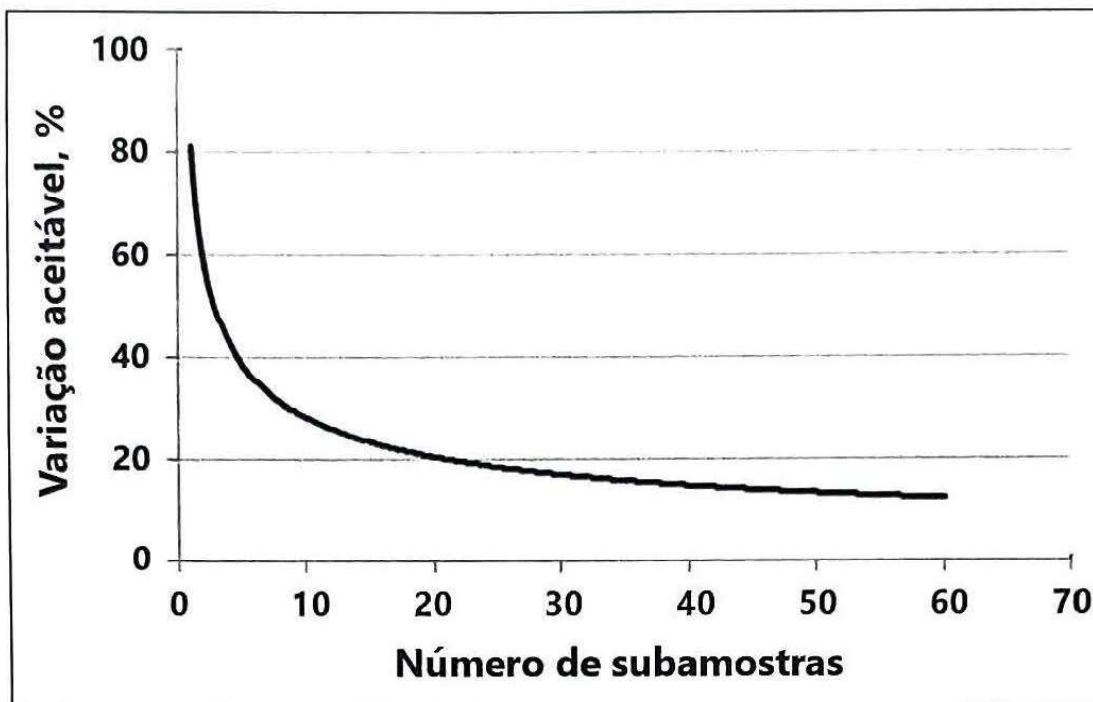


Figura 1. Variação aceitável de erro na estimativa da média do teor de P resina em função do número de subamostras para a definição de uma amostra composta de solo.

Observa-se pela figura que, acima de 20 subamostras, a variação aceitável em torno da média diminui muito pouco, enquanto o trabalho de amostragem aumenta muito. Por esta razão, e porque os demais atributos como pH, matéria orgânica, alumínio, cálcio, potássio e magnésio tendem a apresentar menor variabilidade que o fósforo, o número de 20 amostras simples para compor uma amostra composta se justifica para a maior parte das situações.

3.5. FREQUÊNCIA E ÉPOCA DE AMOSTRAGEM

As amostragens e análises de solo para fins de fertilidade devem ser realizadas em intervalos que podem variar em anos, dependendo do número de aplicações de fertilizantes, do número consecutivo de culturas de ciclo curto ou do estágio de desenvolvimento das culturas perenes. É conveniente amostrar com maior frequência os locais mais intensamente cultivados e que recebem aplicações mais frequentes de fertilizantes.

Geralmente, para culturas anuais e perenes recomenda-se a amostragem anual na camada de 0-20 cm e a cada dois anos na camada de 20-40 cm. No caso da horticultura, em campo ou cultivo protegido, a amostragem pode ser anual ou ainda menor, amostrando o solo a cada ciclo de cultivo, dependendo da espécie cultivada.

A amostragem deve ser feita pelo menos dois meses antes do plantio da cultura, porque várias providências dependem do resultado da análise de solo. Para culturas em rotação com duas safras por ano, por exemplo, o cultivo da safrinha é preferível retirar as amostras de solo antes da safra de verão, pelo maior tempo para a aplicação de corretivos e fertilizantes do que no intervalo das duas culturas. Em culturas perenes a amostragem deve ser feita preferencialmente no final da estação chuvosa, geralmente entre março e abril. É importante ter um período de 30 a 40 dias entre a amostragem de solo e aplicação de fertilizantes. Amostragens realizadas mais cedo têm a vantagem de permitir maior tempo para compra e o transporte de corretivos e fertilizantes.

3.6. PROFUNDIDADE DE AMOSTRAGEM

Para fins de avaliação da fertilidade do solo e visando as recomendações de calagem e adubação, a amostragem deve ser feita na camada arável, ou seja, de 0-20 cm de profundidade. Para o sistema plantio direto, recomenda-se manter a camada de 0-20 cm como referência, pois as curvas de calibração de nutrientes no solo e a produtividade das culturas foram estabelecidas com base nas características químicas desta camada.

A coleta de amostras em camadas abaixo de 20 cm tem como objetivo diagnosticar a existência de barreiras químicas ao crescimento de raízes no subsolo, tais como acidez, deficiências de fósforo e cálcio, e toxicidade por alumínio. De modo geral, ocorre forte adsorção do íon sulfato em camadas mais profundas e, por essa razão, a camada de 20-40 cm é mais adequada para o diagnóstico deste nutriente. Além disso, a amostragem de camadas mais profundas é conveniente quando se pretende aplicar gesso agrícola como condicionador da fertilidade do subsolo.

Após a coleta na camada de 0-20 cm, retirar a terra da superfície que tenha caído no buraco e inserir o trado até a profundidade de 40 cm, tomando o cuidado de não derrubar mais solo da superfície e das paredes. De maneira semelhante ao realizado para a amostra coletada na camada de 0-20 cm, recolher apenas a porção central da amostra descartando também a terra lateral do trado. Preparar amostras compostas de modo semelhante ao indicado para as amostras superficiais.

3.7. AMOSTRAGEM DO SOLO PARA FINS DE FERTILIDADE EM AMBIENTE PROTEGIDO

O cultivo em ambiente protegido é um sistema de produção agrícola especializado que fornece proteção em relação a alguns fenômenos climáticos, otimiza o aproveitamento dos insumos e o controle de pragas e doenças. Com isso, têm-se ganhos na produtividade e diminuição na sazonalidade da oferta. Por outro lado, o cultivo protegido tem elevado custo de instalação e necessita de conhecimento multidisciplinar para que os manejos do solo, da adubação e das plantas sejam bem conduzidos.

Muitos agricultores fazem uso de grandes quantidades de fertilizantes, para garantir elevadas produtividades, promovendo a salinização dos solos em ambientes protegidos após curto tempo de exploração. O processo de salinização é agravado com o cultivo de plantas de ciclo rápido, adubadas a cada novo plantio. Assim, em estufas agrícolas salinizadas, são comuns teores de nutrientes bastante elevados deixando o solo com características semelhantes às daqueles de regiões semi-áridas, em comparação. De maneira geral, no campo, o processo de salinização é evitado ou desacelerado pelas ocorrências de chuvas que promovem a lavagem natural do perfil do solo.

Recomendações para amostragem em cultivo em ambientes protegidos:

- Amostrar cada estrutura de ambiente protegido individualmente, separando-as em função do histórico de uso, da espécie e do estágio vegetativo das plantas que se encontram nelas cultivadas. Se uma estrutura for grande e tiver mais de uma espécie, fazer as amostragens por cultura;

- Coletar 20 subamostras, por estrutura, ao longo de toda a extensão do canteiro, para compor uma amostra composta. Para tanto, retirar as amostras de solo das linhas de cultivo visando caracterizar o efeito residual das adubações anteriores;
- Não coletar amostras de locais que apresentem manchas ou “reboleiras” que podem estar relacionadas com a ocorrência de doenças e pragas, especialmente de nematoides;
- Realizar a amostragem do solo dos canteiros em intervalos de no mínimo seis meses a um ano, ou, dependendo da espécie cultivada a cada ciclo produtivo. Por exemplo: produtor de alface de seis meses a um ano; produtor de tomate a cada ciclo (aproximadamente 150 dias).

3.8. AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO EM AGRICULTURA DE PRECISÃO

O termo “agricultura de precisão” (AP) ganhou destaque nos últimos anos em função dos avanços trazidos com a evolução dos aparelhos eletrônicos acoplados aos implementos agrícolas. Sistemas de posicionamento global (GPS) e uma vasta gama de sensores cada vez mais refinados possibilitam guiar tratores no campo e medir produções colhidas, ou quantidades de insumos aplicados com precisão em tempo real.

Vários estudos têm mostrado que áreas aparentemente homogêneas podem apresentar grande variabilidade em características químicas ou físicas do solo, que afetam a produtividade das culturas devido à ocorrência de manchas de solo com atributos distintos. Os mapas de fertilidade do solo obtidos por técnicas de AP permitem orientar o manejo de insumos, homogeneizar a produção e melhorar o aproveitamento dos recursos investidos.

Pesquisas têm sido realizadas com o uso sensores espectrais para identificar solos com teores adequados ou deficientes de nutrientes. Apesar de resultados iniciais promissores, não há consenso sobre procedimentos e muitos estudos ainda precisam ser realizados. Desta forma, os atuais programas de AP ainda seguem a rotina em que é necessário fazer a coleta das amostras de solo, encaminhá-las para um

laboratório e, somente com os dados analíticos em mãos, processar mapas temáticos georreferenciados.

Os mapas de nutrientes no solo permitem, então, fazer aplicações localizadas de fertilizantes em taxa variável. A exatidão no mapeamento da fertilidade do solo em AP está condicionada ao número de amostras coletadas e à variabilidade inerente ao parâmetro que está sendo analisado. Quanto maior o número de amostras, maior é a resolução obtida permitindo, assim, delimitar com maior precisão os limites associados a faixas de teores de nutrientes.

A amostragem do solo para fins de fertilidade dentro de um sistema AP pode ser realizada seguindo diferentes esquemas de distribuição dos pontos amostrais ou *grid*. Ainda existe indefinição sobre o tamanho ideal do *grid* de amostragem, embora alguns estudos indiquem um ponto de amostragem para cada 5 a 10 hectares como o mínimo por gleba. Porém, não há resultados conclusivos para a quantidade mínima de pontos amostrais para as características dos solos brasileiros. É evidente que o maior o número de pontos amostrais tende a aumentar a precisão dos mapas obtidos. Porém, há aumento proporcional de custos com amostragem e análises laboratoriais. Ao que tudo indica, o ponto de equilíbrio pode ser definido em função de questões técnicas relativas ao ajuste de modelos de variabilidade espacial e do retorno econômico a ser obtido.