





Capítulo 12

Calagem e Adubação

Luiz Carlos Prezotti, Scheilla Marina Bragança,
André Guarçoni Martins e José Antônio Lani



1. INTRODUÇÃO

Os princípios de um programa de correção do solo e adubação para a cultura do cafeeiro conilon não se caracterizam apenas pelas simples práticas de correção e adubação, mas sim por um contexto mais amplo, como um conjunto de procedimentos a serem seguidos de forma ordenada, visando maior controle de todo o processo. Dessa forma, imprime-se um caráter empresarial ao manejo da cultura, visando reduzir os custos de produção e aumentar a lucratividade, considerando, sempre, a sustentabilidade do sistema produtivo.

Para que esses objetivos sejam alcançados, deve-se, inicialmente, realizar a amostragem e a análise do solo, uma vez que não há qualquer possibilidade de se proceder à correção e à adubação sem esta informação. O passo seguinte é a interpretação da análise de solo, que consiste em se comparar os teores dos nutrientes presentes no solo com os teores de tabelas específicas para a cultura do café conilon, que apresentam as doses de nutrientes adequadas para o plantio, para o crescimento das plantas e para atingir determinada produção. Conhecendo-se as quantidades de nutrientes necessárias para cada estágio de desenvolvimento da cultura, resta definir o corretivo e os fertilizantes a serem aplicados, sua forma de aplicação e a época mais adequada para isso. Agindo assim garante-se a qualidade do programa de correção do solo e adubação, o que permite maior taxa de retorno para o investimento.

2. AMOSTRAGEM DO SOLO PARA ANÁLISE DE FERTILIDADE

Para que as recomendações de corretivos e fertilizantes atinjam seu objetivo, ou seja, aumento da produção com adequado aproveitamento de insumos, deve-se conhecer a fertilidade do solo no qual será ou está implantada a cultura, visando ao suprimento de nutrientes na quantidade certa para cada estágio de desenvolvimento das plantas.

A análise química é um dos métodos mais rápidos e mais baratos para avaliar a fertilidade dos solos, sendo seu primeiro e um dos principais componentes a amostragem. Vale ressaltar que as análises laboratoriais expressam os teores contidos na amostra de solo, sendo esta representativa ou não. Por isso, uma amostragem mal feita pode gerar prejuízos econômicos e ambientais, uma vez que as doses de corretivos e fertilizantes são calculadas com base nos resultados laboratoriais.

2.1 COLETA DE AMOSTRAS REPRESENTATIVAS

A uniformidade da área é de extrema importância para a amostragem do solo. Por isso, a área de cultivo deve ser subdividida em glebas ou talhões homogêneos. Para que esta subdivisão seja bem feita, cada gleba deve apresentar a mesma posição topográfica (topo de morro, meia encosta, baixada etc.), a mesma vegetação, as mesmas características perceptíveis do solo (cor, textura, condição de drenagem etc.) e o mesmo histórico de cultivo (cultura atual e anterior, uso de corretivos e fertilizantes etc.). Um exemplo de subdivisão em glebas é mostrado na Figura 1.

Na amostragem de área com a cultura do café já instalada, cada gleba deve apresentar, além das características já mencionadas, plantas de mesma idade e cultivar e o mesmo sistema de manejo ou de

produção. Dessa forma, as glebas receberão manejos diferentes, especialmente em relação à correção do solo e à adubação, visando maior aproveitamento de insumos, ou seja, maior economia.

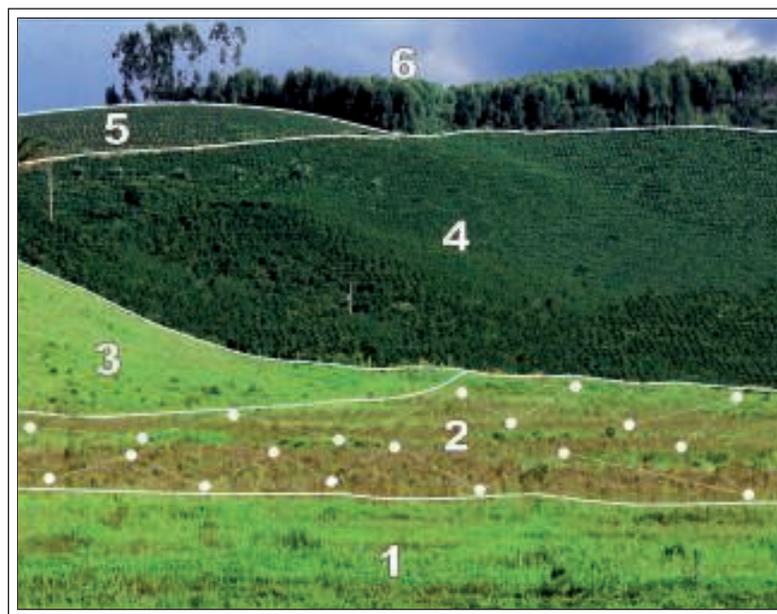


Figura 1. Divisão de áreas para amostragem do solo.

2.2 SISTEMA DE AMOSTRAGEM

Para que a amostragem seja eficiente e econômica, deve-se trabalhar com amostras simples e amostras compostas de solo. As amostras simples são aquelas coletadas de forma individual, em pontos escolhidos ao acaso dentro da gleba. Já as amostras compostas são aquelas formadas pela mistura homogênea das amostras simples coletadas em uma gleba. Portanto, para cada gleba será formada apenas uma amostra composta, sendo esta a amostra enviada ao laboratório de análises de solo.

2.3 CUIDADOS NA COLETA

- a) O local onde será coletada a amostra de solo deve ser limpo, retirando-se a cobertura vegetal. Porém, deve-se evitar que a camada superficial do solo seja removida. Deve-se, ainda, evitar a coleta de amostras em locais próximos a cupinzeiros, queimadas de restos culturais, formigueiros, cochos de animais etc.
- b) Para que o volume de cada amostra simples seja sempre o mesmo, deve-se utilizar o mesmo equipamento de coleta (trado, pá de corte ou enxadão) para todo um conjunto de amostras. Além disso, a profundidade de amostragem, que geralmente é de 0 - 20 cm, deve ser a mesma para cada grupo de amostras simples que irá formar uma amostra composta.
- c) Para que o conjunto de amostras simples, referente a cada gleba, seja bem misturado, deve-se reunir todas as amostras simples em um recipiente limpo, de preferência de plástico. Posteriormente, em uma lona plástica, fazer boa mistura de todo o conjunto de amostras simples,

destorrendo o solo e deixar secar à sombra. Retirar, aproximadamente, 300 gramas dessa mistura, colocar em um saco plástico limpo, fazer a identificação e enviar para o laboratório.

2.4 IMPLANTAÇÃO DO CAFEZAL

Em cada talhão, as amostras devem ser coletadas em zig-zag, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, de forma a cobrir toda a área da gleba. As amostras de 20-40 cm devem ser retiradas no mesmo orifício ou trincheira aberta para a coleta das amostras de 0-20 cm. Em trabalho de pesquisa realizado por Guarçoni (2004), obteve-se a relação aproximada entre o número de amostras simples necessárias e o diâmetro do trado ou largura da fatia retirada com enxadão (Tabela 1).

Tabela 1. Número de amostras de solo a serem coletadas, por gleba, na implantação de lavoura de café, de acordo com o diâmetro do trado ou com a largura da fatia retirada com enxadão

Métodos de estimação	Diâmetro do trado ou largura da fatia (cm)					
	12	5,5	5,0	4,0	3,5	3,0
Nº de amostras simples	5	10	15	20	30	40

2.5 CAFEZAL EM PRODUÇÃO

As amostras, em número indicado na Tabela 1, devem ser retiradas sob a projeção da copa dos cafeeiros, onde são aplicados os fertilizantes, na profundidade de 0-20 cm, de forma a cobrir toda a área do talhão. Esta amostragem deve ser realizada todos os anos antes da colheita. No entanto, de acordo com o nível tecnológico e com as particularidades de cada região, pode-se realizar a amostragem em outra época ou, ainda, mais de uma amostragem por ano.

A cada três anos, utilizando-se os mesmos princípios descritos acima, deve-se coletar também amostras simples na profundidade de 20-40 cm.

3. INTERPRETAÇÃO DA ANÁLISE DO SOLO

A interpretação da análise de solo é feita utilizando-se tabelas preparadas para cada estágio de desenvolvimento da cultura: plantio, crescimento e produção. Tem como objetivo determinar o *status* nutricional do solo e sua capacidade de ceder nutrientes para as plantas, separando-os em classes de fertilidade. Caso a quantidade de nutrientes presentes no solo seja insuficiente para satisfazer a exigência das culturas, devem-se aplicar corretivos e/ou fertilizantes. As tabelas de interpretação, específicas para o café conilon, serão inseridas nos tópicos relativos a cada característica que exerce influência no crescimento e na produção dessa cultura.

4. ACIDEZ DO SOLO

A acidez do solo é originada pela remoção dos cátions básicos (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e Na^+) do

complexo de troca, e, conseqüentemente, pela ocupação das cargas negativas por cátions ácidos (H+Al). Assim, um solo ácido apresenta baixo valor de soma de bases (SB) e elevado valor de H+Al. A remoção dos cátions básicos pode ocorrer por diversos fatores, como: absorção pelas raízes das plantas, lixiviação por ação das águas das chuvas ou irrigação, adubos acidificantes etc.

Quanto mais cultivado um solo, maior será sua acidificação. As raízes mantêm em seu interior um equilíbrio de cargas positivas e negativas. Ao absorver um cátion, as raízes liberam H⁺ para a solução do solo, com o objetivo de manter o equilíbrio em seu interior, aumentando, dessa forma, a acidez do solo.

A água da chuva e/ou irrigação, ao passar pelo perfil do solo, lixivia os nutrientes básicos que são substituídos por elementos acidificantes como o H⁺ e Al³⁺. Assim, solos formados em locais de alta pluviosidade são mais ácidos do que aqueles sob condições áridas.

A adubação, principalmente com adubos nitrogenados, acelera o processo de acidificação do solo. O amônio, quando aplicado ao solo, é convertido em nitrato, pelo processo de nitrificação, liberando H⁺.

A presença de H⁺ na solução do solo reduz o pH, o que solubiliza o alumínio, passando da forma Al(OH)₃ (inativo) para Al³⁺ (tóxico). Nas Tabelas 2 e 3 são mostradas as classes de interpretação para o pH e outras características relacionadas com a acidez do solo.

Tabela 2. Classes de interpretação para acidez ativa do solo (pH)

Classificação agrônômica do pH ^{1/}				
Muito baixa	Baixa	Boa	Alta	Muito alta
< 4,5	4,5 – 5,4	5,5 – 6,0	6,1 – 7,0	> 7,0

^{1/} pH em H₂O, relação 1:2,5, TFSA: H₂O

Tabela 3. Classes de interpretação de fertilidade do solo para cátions, enxofre e matéria orgânica

Determinação	Método	Unidade	Baixo	Médio	Alto
Matéria orgânica (MO)	Colorimétrico	dag/kg	< 1,5	1,5 – 3,0	> 3,0
Cálcio (Ca ²⁺)	KCl 1M	cmol _c /dm ³	< 1,5	1,5 – 4,0	> 4,0
Magnésio (Mg ²⁺)	KCl 1M	cmol _c /dm ³	< 0,5	0,5 – 1,0	> 1,0
Enxofre (S)	CaH ₂ PO ₄ 0,01 M	mg/dm ³	< 5,0	5,0 – 10	> 10
Soma de bases (SB)	K + Ca + Mg + Na	cmol _c /dm ³	< 2,0	2,0 – 5,0	> 5,0
CTC efetiva (t)	SB + Al	cmol _c /dm ³	< 2,5	2,5 – 6,0	> 6,0
CTC pH 7 (T)	SB + H + Al	cmol _c /dm ³	< 4,5	4,5 – 10	> 10
Saturação por bases (V)	SB/T x 100	%	< 50	50 – 70	> 70
Acidez trocável (Al ³⁺)	KCl 1 M	cmol _c /dm ³	< 0,3	0,3 – 1,0	> 1,0
Saturação de Alumínio (m)	Al/t x 100	%	< 20	20 – 40	> 40
Acidez potencial (H + Al)	Correlação pH SMP	cmol _c /dm ³	< 2,5	2,5 – 5,0	> 5,0

Fonte: Prezotti et al. (2007).

Para avaliar a acidez do solo, são consideradas a acidez ativa (pH) e a trocável (Al^{3+}), a saturação por alumínio (m) e por bases (V) e a capacidade tampão, estimada por meio da acidez potencial (H+Al). A acidez também se relaciona com os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} .

4.1 ESTIMATIVA DA QUANTIDADE DE CALCÁRIO

O calcário ($CaCO_3$ e $MgCO_3$) aplicado ao solo, na presença de água, dissocia-se em íons Ca^{2+} , Mg^{2+} , e HCO_3^- . O íon bicarbonato (HCO_3^-) reage com o H^+ formando ácido carbônico, que rapidamente se dissocia em água e gás carbônico. A formação de água, a partir do H^+ em solução, é a reação responsável pela elevação do pH do solo.

Com a elevação do pH, o íon Al^{3+} hidrolisa-se, formando $Al(OH)_3$, que é um precipitado branco, não tóxico. Com a progressiva queda do pH, ao longo do tempo, o $Al(OH)_3$ é novamente solubilizado, liberando Al^{3+} para o sistema.

No Estado do Espírito Santo, o método utilizado para a determinação da quantidade de calcário a ser aplicada ao solo (QC) é o da saturação por bases (V). Esse método considera a saturação por bases ideal para a cultura (V₂), em relação à saturação por bases do solo no momento da amostragem (V₁). A elevação da saturação por bases só pode ser obtida com o aumento do pH, daí a necessidade da aplicação de calcário, para, além disso, fornecer Ca e Mg.

$$QC = \frac{T(V_2 - V_1)}{PRNT} \times p$$

Em que:

QC = Quantidade de calcário em t/ha;

T = CTC a pH 7 em $cmol_c/dm^3$;

V₂ = Saturação por bases ideal para a cultura em % (para o café conilon, o valor mais adequado para V₂ é de 60%);

V₁ = Saturação em bases atual do solo, em %;

p = fator de profundidade de incorporação do calcário:

p = 0,5 para aplicação superficial sem incorporação

p = 1 para incorporação a 20 cm de profundidade

p = 1,5 para incorporação a 30 cm de profundidade

PRNT = Poder relativo de neutralização total do calcário a ser empregado.

Se a aplicação de calcário for realizada em faixas, deve-se fazer a correção da quantidade de calcário a ser aplicada proporcionalmente à superfície de aplicação.

Exemplos

- Análise de solo

Argila	P-rem	Al^{3+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	H+Al	SB	t	T	V
%	mg/L	-----			$cmol_c/dm^3$	-----		%	
60	9,4	0,8	0,1	0,1	7,8	0,21	1,01	8,01	4,1

- Aplicação de calcário em covas de 40 x 40 x 40 cm (64 dm³) e calcário com PRNT de 80 %

$$QC = \frac{T (V_2 - V_1)}{PRNT} \times \frac{\text{Volume da cova em dm}^3}{2}$$

$$\text{Ex: } QC = \frac{8 (60 - 10)}{80} \times \frac{64 \text{ dm}^3}{2}$$

$$QC = 160 \text{ g/cova de calcário}$$

- Calagem em cobertura em faixas de 1 m em lavouras com 3 m entrelinhas (área de aplicação = 75%)

$$QC = \frac{T (V_2 - V_1)}{PRNT} \times p \times 0,75$$

$$\text{Ex: } QC = \frac{8 (60 - 10)}{80} \times 0,5 \times 0,75$$

$$QC = 1,87 \text{ t/ha de calcário nas faixas}$$

4.2 USO RACIONAL DO CALCÁRIO

A calagem, por elevar o pH do solo, aumenta a atividade microbiana, favorecendo a mineralização da matéria orgânica e liberando os nutrientes anteriormente ligados às cadeias carbônicas. Esses nutrientes, agora disponíveis, são facilmente absorvidos pelas plantas, desde que a mineralização ocorra sobre o volume de solo onde está a maior densidade de raízes, isto é, próxima às plantas. Se a aplicação de calcário for realizada em local com pequena concentração de raízes, os nutrientes, liberados pelo processo, poderão ser perdidos por lixiviação. A aplicação de calcário sobre toda a superfície do terreno na implantação de uma cultura perene ou nas entrelinhas de lavouras em estágio inicial de desenvolvimento deve ser evitada, para que se preserve a matéria orgânica como “banco de nutrientes”, o qual poderá ser utilizado conforme o desenvolvimento do sistema radicular. Além disso, a manutenção da cobertura morta pode auxiliar na redução da erosão superficial. A calagem em área total só deve ser realizada se forem cultivadas culturas intercalares.

Na implantação da lavoura, o calcário deve ser aplicado na cova ou sulco e em faixas, nas linhas das plantas, sendo tanto mais larga quanto for o desenvolvimento do sistema radicular do cafeeiro.

Em solos arenosos com baixa CTC e baixa capacidade tampão, como nos de tabuleiros costeiros do Estado do Espírito Santo, pequenas quantidades de calcário elevam significativamente o pH, podendo haver, conforme a cultura, carência de Ca e Mg. Neste caso, é necessária uma complementação com outras fontes de Ca e ou Mg. Pode ser realizada, também, a aplicação de calcário, de maneira localizada, sob a copa das plantas, agindo como fertilizante e não como corretivo da acidez.

Recomenda-se, para a cultura do café conilon, que os teores de Ca e Mg no solo não devam ser inferiores a 2,4 e 0,8 cmol/dm³, respectivamente.

O tipo de calcário a ser aplicado dependerá da relação Ca:Mg do solo, determinada pela sua análise. A relação exigida pelo café conilon é de aproximadamente 4:1. Em solos em que esta relação

está alta (elevado teor de cálcio e baixo teor de magnésio), o calcário a ser aplicado deverá ser o dolomítico, que possui maior teor de Mg. O calcário calcítico deve ser recomendado para solos com baixa relação Ca:Mg.

A calagem deve ser feita preferencialmente antes do plantio, e, em terrenos declivosos ou com culturas perenes já instaladas, a dose de calcário deve ser corrigida pelo fator de profundidade, uma vez que não é possível a incorporação. Como regra geral, a dose não deve ultrapassar 3 t/ha ou 300 g/m² por período não inferior a seis meses.

O Estado do Espírito Santo é beneficiado pelo grande número de jazidas de calcários de excelente qualidade e de baixo custo devido à proximidade das mineradoras. Por esta razão, o calcário é o corretivo mais utilizado pelos produtores. Outros corretivos encontrados no Estado são as algas calcárias, que ocorrem na costa marítima e as escórias de alto forno da indústria siderúrgica. Entretanto, o uso desses materiais é muito restrito, em virtude do elevado preço da alga e da granulometria grosseira das escórias.

4.3 ESTIMATIVA DA QUANTIDADE DE GESSO

O gesso pode ser obtido em depósitos naturais (anidrita, gipsita) ou industrialmente. Neste último caso, ele é considerado como um subproduto da fabricação do superfosfato simples através da acidificação do ácido sulfúrico às apatitas. Deve ser utilizado em solos que apresentam baixos teores de Ca²⁺ e/ou elevados teores de Al³⁺, em camadas subsuperficiais. O Ca²⁺, proveniente do gesso, em elevadas concentrações na solução do solo desloca o Al³⁺, K⁺ e Mg²⁺ do complexo de troca. Esses cátions reagem com SO₄²⁻ formando AlSO₄, menos tóxico às plantas, e os pares iônicos neutros: K₂SO₄⁰, CaSO₄⁰ e MgSO₄⁰. Em razão da neutralidade, esses pares iônicos são deslocados para camadas mais profundas do solo, o que favorece o aprofundamento do sistema radicular, conferindo às plantas maior capacidade de absorção de nutrientes e maior resistência a veranicos.

Em solos de textura arenosa, com baixa CTC, a movimentação de cátions é maior que em um solo de textura argilosa com elevada CTC. Assim, a capacidade tampão do solo deve ser considerada na estimativa da quantidade de gesso a ser aplicada, para evitar o risco de movimentação além das camadas exploradas pelo sistema radicular.

Por não possuir carbonato, como o calcário, o gesso não promove alteração do pH, uma vez que não neutraliza o H⁺. Portanto, o gesso não é um corretivo, mas um condicionador do solo.

A necessidade de gesso deve ser baseada na análise do solo da camada de 20 a 40 cm de profundidade. Deve-se recomendar sua aplicação quando o teor de Ca for igual ou inferior a 0,5 cmol/dm³ e/ou maior ou igual a 0,5 cmol/dm³ de Al³⁺ e/ou a saturação de Al (m) for superior a 40%.

A quantidade de gesso (QG) a ser aplicada deve ser 30% da quantidade de calcário (QC) recomendada para a camada de 20 a 40 cm.

$$QG = 0,3 QC$$

A utilização de gesso não altera a quantidade de calcário. Deve ser usado de forma complementar ao calcário, podendo ser aplicado junto ou após a calagem.

5. PARTICULARIDADES DA ADUBAÇÃO FOSFATADA

A eficiência de absorção de P pelo cafeeiro conilon será tanto maior quanto maior for a exploração do solo pelo seu sistema radicular. Portanto, o cafeeiro, no início de seu desenvolvimento, exige elevados teores de P disponível, uma vez que seu sistema radicular ainda é incipiente. Daí a necessidade de aplicação de P solúvel na cova ou sulco para o crescimento inicial. Com o avanço da idade, as raízes passam a explorar maior volume de solo, aumentando sua capacidade de absorção de P e diminuindo seu nível de exigência (NOVAIS; SMYTH, 1999).

A eficiência de absorção de P pelo cafeeiro depende também da quantidade e da qualidade das argilas do solo, pois o P em contato com os oxidróxidos de Fe e Al e com argilas silicatadas sofre rápida adsorção, o que dificulta a sua absorção pelas plantas. De modo geral, a maior adsorção de P ocorre em solos tropicais mais intemperizados e, de modo particular, nos mais argilosos. A adsorção ocorre por meio de uma atração eletrostática inicial e posterior troca de ligantes. Esta ligação é covalente (elevada energia de ligação), ao contrário do NO_3 ou do Cl, que são adsorvidos por atração eletrostática, com reduzida energia de ligação (SANYAL; De DATTA, 1991).

Portanto, quanto maior o volume de solo em contato com o fertilizante fosfatado aplicado, menor a disponibilidade de P para a planta, devido à maior retenção de P pelo solo. Esta retenção evita sua lixiviação e promove seu acúmulo (residual) ao longo dos cultivos, embora sua reversibilidade seja pequena. A reversibilidade de P foi avaliada por Campello et al. (1994) após 45 dias da aplicação de 300 mg/dm^3 de P ao solo, obtendo uma recuperação inferior a 2%, independente da aplicação ou não de calcário.

A fosfatagem corretiva em solos argilosos desse modo é questionável, pois estes podem adsorver até 5.000 kg/ha de P_2O_5 ou 20 t/ha de superfosfato simples. Assim, uma fosfatagem com 1 t/ha de superfosfato simples não deverá alterar o status de P do solo, não influenciando o crescimento de plantas. A solução seria minimizar o contato da fonte de P com o solo, pela aplicação localizada e pela granulação do fertilizante (NOVAIS, 1999).

A eficiência de absorção de P pelo cafeeiro aumenta quando os adubos fosfatados são aplicados após a calagem, na forma granulada e de modo localizado, em filete em volta da planta.

As fontes mais eficientes de fósforo para as plantas são as solúveis, como o superfosfato simples, o superfosfato triplo e os fosfatos de amônio.

Os fosfatos naturais reativos (arad, atifós, norte carolina, marrocos, daoui, gafsa etc.) possuem origem sedimentar, com estrutura pouco consolidada, apresentando de 28 a 30% de P_2O_5 total e 10 a 12% de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico. Apresentam eficiência de 60 a 70%, quando comparados aos fosfatos solúveis.

Os fosfatos naturais brasileiros (abaeté, araxá, alvorada, catalão, patos, tapira etc.) são, na sua maioria, de origem ígnea, com estrutura cristalina compacta, apresentando de 28 a 30% de P_2O_5 total e de 4 a 5% de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico. Apresentam baixa eficiência (< 30%), por serem muito pouco reativos.

5.1 FÓSFORO REMANESCENTE (P-rem)

A taxa de recuperação de P pelas plantas varia amplamente com a quantidade e a qualidade das argilas do solo. Assim, para a recomendação da dose mais adequada de P a ser aplicada é necessário o conhecimento da capacidade de retenção pelo solo do P aplicado como fertilizante. Um dos métodos é a análise textural que determina a porcentagem de areia, silte e argila. Esse método, além de ser rotineiramente trabalhoso, não determina a qualidade da argila, que seria sua capacidade em fixar P. Um método rápido e eficiente de estimar a capacidade de adsorção de P pelo solo e que já está sendo realizado por laboratórios de análise de solo é o Fósforo remanescente (P-rem), que consiste em agitar um determinado volume de solo com uma solução na concentração de 60 mg/L de P (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS). Quanto menor for a concentração final de P da solução, maior é a capacidade de adsorção do solo. Além da capacidade de fixar P pelo solo, o P-rem também é utilizado para avaliar a capacidade de fixação de Zn e S. Na Tabela 4, são apresentadas a estimativa da classe textural dos solos em razão dos valores de P-rem.

Tabela 4. Textura do solo em função do fósforo remanescente (P-rem)

Determinação	Método	Unidade	Classe textural		
			Arenosa	Média	Argilosa
P-rem	Solução 60 mg/L de P	mg/L	0 - 10	10 - 40	40 - 60

6. PARTICULARIDADES DA ADUBAÇÃO COM MICRONUTRIENTES

Embora absorvidos em pequenas quantidades, os micronutrientes são essenciais ao desenvolvimento do cafeeiro.

A capacidade do solo em disponibilizar os micronutrientes Zn, Cu, B, Fe e Mn para as plantas depende principalmente do pH, sendo que a maioria dos micronutrientes apresenta maior solubilidade em meio ácido. No cafeeiro, sintomas visuais de deficiência de Zn, Cu, Fe e Mn são observados, geralmente, em solos em que a calagem elevou o pH acima de 6,0. A disponibilidade de B não é muito influenciada pelo pH, sendo reduzida a valores de pH acima de 7,5. A disponibilidade de Mo é maior em pH elevado. O Zn e o Cu sofrem forte adsorção em solos argilosos, sendo frequentes os sintomas de deficiência de plantas neste tipo de solo. O B e o Cl são muito móveis, sendo facilmente perdidos por lixiviação. Em condição de solo inundado, há um forte aumento da disponibilidade de Fe e Mn, muitas vezes causando toxidez às plantas. Elevado teor de fósforo no solo reduz significativamente a absorção de Zn, podendo causar sintomas de deficiência, principalmente em períodos chuvosos, em razão da maior solubilidade do P. Em épocas secas, são comuns sintomas de deficiência de micronutrientes, especialmente de B, em razão da redução da mineralização da matéria orgânica do solo e do seu transporte para a superfície das raízes. A recomendação de adubação com micronutrientes com base na análise de solo ainda é incipiente, sendo necessários trabalhos de calibração para determinação dos níveis críticos. Entretanto, é uma ferramenta que, juntamente com a análise foliar, serve como indicador para estimativa do estado nutricional das plantas.

Para evitar as reações de insolubilização, lixiviação e toxidez de micronutrientes, quando aplicados ao solo, podem ser utilizadas as “fritas”, também chamadas de FTE (Fritted Trace Elements), que são formadas por fusão de micronutrientes com silicatos ou vidro e posterior moagem. É uma fonte mais indicada para a manutenção da disponibilidade de micronutrientes do que propriamente para a correção de deficiências severas. Neste último caso, recomendam-se pulverizações foliares, para correção imediata das deficiências, e a aplicação do FTE no solo, para a continuidade do fornecimento.

Em razão da elevada exigência no período de frutificação, as plantas podem apresentar seca e morte de ponteiros, e em períodos de elevada produção, pode ocorrer a morte da planta por esgotamento das reservas. Para evitar isso, as aplicações complementares devem ser efetuadas nos períodos de maior exigência de nutrientes, como na pré-florada, na fase de chumbinho e na fase de granação. A Tabela 5 mostra as classes de interpretação para os micronutrientes mais requeridos pela cultura do café conilon.

Tabela 5. Classes de interpretação para micronutrientes disponíveis no solo

Determinação	Método	Unidade	Baixo	Médio	Alto
Boro (B)	Água quente	mg/dm ³	< 0,2	0,2 – 0,6	> 0,6
Zinco (Zn)	Mehlich - 1	mg/dm ³	< 2,0	2,0 – 6,0	> 6,0
Cobre (Cu)	Mehlich - 1	mg/dm ³	< 0,5	0,5 – 1,5	> 1,5
Ferro (Fe)	Mehlich - 1	mg/dm ³	< 20	20 – 30	> 30
Manganês (Mn)	Mehlich - 1	mg/dm ³	< 5,0	5,0 – 15	> 15

7. ADUBAÇÃO

7.1 ADUBAÇÃO DE PLANTIO

No estágio inicial de desenvolvimento, devido ao seu reduzido sistema radicular, a exigência em nutrientes pelo cafeeiro conilon, assim como a de qualquer cultura perene na fase de muda, é alta, necessitando de elevados teores de fósforo disponível no solo (Tabela 6).

Tabela 6. Adubação fosfatada do cafeeiro conilon para diferentes sistemas de plantio

Sistema de plantio	P-rem	Teor de P no solo (mg/dm ³)		
		Baixo	Médio	Alto
	< 20	< 10	10 – 20	> 20
	20 – 40	< 20	20 – 50	> 50
	> 40	< 30	30 – 60	> 60
		----- g de P ₂ O ₅ por cova ou metro linear de sulco -----		
Cova de 40 x 40 x 40		40	30	20
Sulco		60	50	30

Além do calcário e do fósforo, em solos que apresentam teores inferiores a 0,6 mg/dm³ de boro e 6 mg/dm³ de zinco, recomenda-se aplicar 2,5 g de Zn e 1 g de B. Em regiões de solos de “tabuleiros”,

aplicar 2 g de Mn e 1 g de Fe. Essas doses são estimadas para um volume de solo de 64 dm³. Para plantio em sulcos ou covas com volume diferente de 64 dm³, corrigir as doses proporcionalmente.

Havendo disponibilidade, aplicar 10 L de esterco de curral ou 3 L de esterco de galinha, sendo que, neste caso, a dose de fósforo pode ser reduzida em 20%.

Após o pegamento das mudas, aplicar nitrogênio e potássio, em cobertura, na dose de 5 g de N e 10 g de K₂O, em três parcelamentos, espaçados de um mês. Em solos com teor de potássio superior a 80 mg/dm³ de K, reduzir a dose de K₂O para 5 g. Para essas adubações de cobertura, pode-se utilizar um formulado como o 20-00-20, quando o teor de potássio do solo for inferior a 80 mg/dm³. Em casos em que o solo apresentar teor de potássio superior a 80 mg/dm³, utilizar o formulado 20-00-10. Neste caso, aplicar três parcelas de 25 g, espaçadas de um mês.

7.2 ADUBAÇÃO DE FORMAÇÃO

Na Tabela 7, é explicitado as adubações nitrogenada e potássica para formação do cafeeiro conilon.

Tabela 7. Adubação nitrogenada e potássica para formação do cafeeiro conilon

Idade	Dose de N g de N/planta/ aplicação	Teor de K no solo (mg/dm ³)			
		< 60	60 - 120	120 - 200	> 200
1 ano	10	20	10	5	0
2 anos	20	30	20	10	0

^{1/}Três aplicações durante o período chuvoso.

Caso as plantas iniciem a produção antes dos dois anos, adotar a adubação de produção.

7.3 ADUBAÇÃO DE PRODUÇÃO

Na fase de produção, as quantidades de nutrientes devem ser aplicadas levando-se em consideração a produtividade esperada da lavoura e os teores de nutrientes no solo. As quantidades de N-P-K sugeridas nas Tabelas 8 e 9 foram ajustadas levando-se em consideração os dados de acúmulo de nutrientes pelo cafeeiro conilon, apresentados por Bragança (2005).

Tabela 8. Adubação nitrogenada e potássica para o cafeeiro conilon em função da produtividade esperada e do teor de potássio no solo

Produtividade Média	Dose de N	Teor de K no solo (mg/dm ³)			
		< 60	60 - 120	120 - 200	> 200
(sc/ha)	kg/ha/ano de N ^{1/}				
< 20	200	170	100	30	0
21 - 30	260	230	160	90	0
31 - 50	320	290	220	150	0
51 - 70	380	350	280	210	80
71 - 100	440	410	340	270	140
101 - 130	500	470	400	330	200
131 - 170	560	530	460	390	260
> 170	620	600	520	450	320

^{1/}As doses devem ser divididas em, no mínimo, três parcelas e aplicadas durante o período chuvoso (floração, chumbinho e granação).

Tabela 9. Adubação fosfatada para o cafeeiro conilon em razão da produtividade esperada e do teor de fósforo no solo

P-rem (mg/L)	Classe Textural	Teor de P no solo (mg/dm ³)			
		Muito baixo	Baixo	Médio	Alto
< 20	Argilosa	< 3	3 - 6	7 - 10	> 10
20 - 40	Média	< 5	5 - 10	11 - 20	> 20
> 40	Arenosa	< 10	10 - 20	21 - 30	> 30
Produtividade sc/ha	Dose de Fósforo ^{1/}				
	kg/ha/ano de P ₂ O ₅				
< 20		30	20	0	0
21 - 30		45	35	0	0
31 - 50		60	45	0	0
51 - 70		75	60	20	0
71 - 100		90	75	35	0
101 - 130		105	90	50	20
131 - 170		120	105	65	40
> 170		140	120	80	60

^{1/}O adubo fosfatado pode ser aplicado em dose única, junto com a 1ª parcela de N e K (floração).

7.4 ADUBAÇÃO COM MICRONUTRIENTES

7.4.1 Aplicação via solo

O fornecimento de micronutrientes via solo deve ser realizado no início do florescimento, conforme Tabela 10.

Tabela 10. Adubação com micronutrientes em função dos teores no solo para o café conilon em produção

Nutriente	Teor no solo (mg/dm ³)	Dose (kg/ha)
Zinco ^{1/}	< 2,0	3
	2,0 - 6,0	2
	> 6,0	0
Boro ^{2/}	< 0,2	2
	0,2 - 0,6	1
	> 0,6	0
Cobre ^{1/}	< 0,5	3
	0,5 - 1,5	2
	> 1,5	0
Manganês ^{1/}	< 5,0	15
	5,0 - 15,0	10
	> 15,0	0

^{1/}Extrator Mehlich-1; ^{2/} Extrator água quente

7.4.2 Aplicação via foliar

• O fornecimento de Zn, B e Cu via foliar pode ser feito pela aplicação de calda contendo sais nas seguintes concentrações:

sulfato de zinco – 0,3 %

ácido bórico – 0,3%

sulfato de cobre – 0,3%

cloreto de potássio – 0,3%

O cloreto de potássio é adicionado com o objetivo de aumentar a absorção de Zn.

• Para a correção da deficiência de outros micronutrientes são utilizados sais nas seguintes concentrações:

manganês: sulfato manganoso – 0,3%

ferro: sulfato ferroso – 0,3% (no período de maio a agosto reduzir para 0,2 %)

molibdênio: molibdato de sódio ou amônio – 0,1%

8. LOCALIZAÇÃO DOS ADUBOS

Oitenta a noventa por cento do volume do sistema radicular do cafeeiro encontram-se sob a copa. Quando os fertilizantes são aplicados nesta região (sob a copa), as plantas apresentam maior eficiência de absorção de nutrientes, em razão de menores perdas tanto por lixiviação quanto volatilização, principalmente de nitrogênio.

9. BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

BRAGANÇA, S. M. *Crescimento e acúmulo de nutrientes pelo cafeeiro conilon (Coffea canephora Pierre)*. 2005. 99 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005.

CAMPELLO, M. R.; NOVAIS, R. F.; FERNÁNDEZ R., I. E.; FONTES, M. P. F.; BARROS, N. F. Avaliação da reversibilidade de fósforo não lábil para lábil em solos com diferentes características. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, 18:157-165, 1994.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação*. Viçosa, MG, 1999. 359 p.

GUARÇONI M., A. *Caracterização da unidade de amostra para avaliação da fertilidade do solo*, 2004. 73f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2004.

NOVAIS, R.F. Utilização de fosfatos naturais de baixa reatividade. In: *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5º Aproximação*. Viçosa, MG, 1999. 359 p.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. *Fósforo em solo e planta em condições tropicais* – Viçosa, MG: UFV, DPS, 1999. 399 p.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. de. Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo - 5ª aproximação. Vitória, ES. SEEA/Incaper/Cedagro, 2007. 305 p.

SANYAL, S. K.; De DATTA, S. K. *Chemistry of phosphorus transformations in soil*. Adv. Soil Sci., 16:1-120, 1991.