

Capítulo 8

Manejo nutricional

*Alaerto Luiz Marcolan
Marcelo Curitiba Espindula
Angelo Mansur Mendes
Kleberson Worslley de Souza
Jairo André Schlindwein*



Introdução

Acafeicultura da região Amazônica está concentrada no Estado de Rondônia, onde há o predomínio de cultivo de cafeeiros da espécie *Coffea canephora*. Rondônia se destaca como o segundo maior produtor de café desta espécie, com 11,33% da produção, e como quinto maior produtor de café (*Coffea arabica* e *Coffea canephora*) do Brasil, com 3,26% da produção (CONAB, 2015).

Embora o Estado se destaque como importante produtor de café, a produtividade da cultura é baixa, 17,18 sacas ha⁻¹, quando comparada com a do Espírito Santo, que também cultiva café canéfora, porém apresenta produtividade de 35,14 sacas ha⁻¹, e com a média nacional, 29,54 sacas ha⁻¹. Mesmo quando a comparação não leva em consideração a diferenciação das espécies (*Coffea canephora* e *Coffea arabica*), a produtividade é inferior à média nacional que é de 23,29 sacas ha⁻¹ (CONAB, 2015).

A produtividade dos cafezais em Rondônia sempre foi baixa. Entretanto, atualmente, está ocorrendo um processo de modernização da cafeicultura no qual estão sendo empregadas novas tecnologias para o aumento da produtividade. Estas tecnologias incluem o uso de genótipos (clones) selecionados, plantio no sistema “clone em linha” e manejo cultural compatível com o cultivo clonal. Dentre os fatores inerentes ao manejo, que contribuem para altas produtividades, destaca-se o manejo adequado dos fatores edáficos, especialmente aqueles relacionados com a nutrição e adubação do cafeiro (MARCOLAN et al., 2009).

As adubações de correção e de manutenção da fertilidade de solos utilizando insumos minerais feitas por produtores em Rondônia ainda são aquém do ideal. Alguns produtores aplicam os resíduos do beneficiamento do café (cascas, também conhecidas como palha) nas linhas de cultivo. Ressalta-se que, atualmente, muitas áreas das regiões produtoras de café do Estado de Rondônia, estão situadas sobre solos de média fertilidade, geralmente Latossolos, Argissolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos eutróficos e suas associações. Esses solos, até podem suprir as necessidades nutricionais no início, mas para a manutenção da produtividade dos cafezais, será necessário repor os nutrientes exportados da lavoura, por meio dos frutos, e aqueles demandados para atender as necessidades fisiológicas das plantas.

A nutrição do cafeiro é analisada principalmente sob o ponto de vista da produtividade, porém a recomendação de adubação não deve se basear apenas na quantidade de nutrientes exportados pelos grãos. Deve considerar também as necessidades fisiológicas da planta para sua manutenção e produção de novos ramos, folhas e raízes, as quais demandam elevadas quantidades de nutrientes, além das perdas do sistema e da quantidade de nutrientes a ser suprida pelo solo. A utilização de nutrientes pelas plantas envolve a absorção do nutriente pelas raízes, a translocação para caules, ramos, folhas, flores e frutos, e a exportação, retirada na colheita dos frutos. Para produzir uma saca de café beneficiado (60 kg) são exportados 2.952 g de nitrogênio, 3.024 g de potássio, 932 g de cálcio, 258 g de magnésio, 168 g de enxofre e 156 g de fósforo (BRAGANÇA et al., 2000).

Neste capítulo serão abordados os aspectos gerais do manejo nutricional de lavouras de *Coffea canephora* (cafeeiro canéfora), com ênfase em calagem e adubação de plantio, formação e produção, e na diagnose visual de deficiências nutricionais.



Calagem e adubação no plantio e na formação do cafezal

Para a recomendação de calagem e de adubação é necessária a análise química do solo. Para tanto, anteriormente é necessário efetuar a amostragem do solo, considerando duas situações: a formação inicial do cafezal (implantação) e a manutenção do cafezal durante a fase de produção. Ressalta-se que em ambos os casos, para se obter dados analíticos que realmente representem os atributos químicos e físicos do solo, a amostragem deve ser criteriosa e seguir as recomendações necessárias.

Amostragem do solo

A amostragem de solo para a formação do cafezal deve ser feita, preferencialmente, de três a seis meses antes do preparo do solo para o plantio. Inicialmente, é feita a seleção de áreas homogêneas quanto ao relevo (espinho ou chapada, encosta e baixada), à textura do solo (argilosa, média e arenosa), à coloração do solo (avermelhado, amarelado etc.) e ao histórico da área (tipo e tempo de cultivo) (Figura 1). Posteriormente, procede-se a coleta de 15 a 20 amostras simples em cada área homogênea que se pretende avaliar a fertilidade do solo, nas profundidades de 0-20 cm e de 20-40 cm, retirando-se o mesmo volume para cada amostra simples e colocando o solo em recipiente limpo, como por exemplo, um balde de plástico.



Figura 1. Exemplo de separação de glebas homogêneas para coleta de amostras de solo. Região de Alta Floresta do Oeste, RO.

As amostras simples devem ser retiradas ao acaso, percorrendo a área em ziguezague. Evitar locais próximos de estradas, cercas, caminhos, formigueiros e resíduos sólidos. As amostras simples de 0-20 cm não devem ser misturadas no mesmo recipiente que contiver as de 20-40 cm. Após coletar e misturar separadamente, as amostras de solo das duas profundidades (0-20 cm e 20-40 cm), retirar aproximadamente 500 gramas de cada profundidade, que representa a amostra composta, embalar (saco plástico), identificar (data, localização e profundidade) e enviar ao laboratório para análise.

Calagem para o plantio

A acidez do solo promove aumento da atividade de íons alumínio (Al^{3+}) e também sua disponibilidade no complexo de troca do solo. Além do Al^{3+} ser absorvido pelas raízes

das plantas, o que provoca toxidez, evita que as bases trocáveis como íons Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ ocupem o complexo de troca, provocando lixiviação e perda desses nutrientes por ocasião de adubações.

Ressalta-se a existência de trabalhos que relatam menor tolerância do cafeiro canéfora ao Al^{3+} quando comparado ao cafeiro arábica (MAURI et al., 2004; MATTIELLO et al., 2008; GUARÇONI; PREZOTTI, 2009), principalmente onde ocorrem níveis elevados de Al^{3+} nas camadas subsuperficiais do solo, como comumente observado nos solos na região Amazônica, evitando o aprofundamento do sistema radicular do cafeiro.

Outro problema em solos com baixo pH é que pode haver aumento na disponibilidade de manganês (Mn^{2+}), que também é tóxico em doses elevadas, sendo requerido pelos vegetais apenas em pequenas quantidades. A toxidez que pode ser provocada por alumínio e manganês influencia negativamente o crescimento, o desenvolvimento e, consequentemente, a produtividade dos cafezais. Portanto, a elevação do pH de solos ácidos pela prática da calagem é fundamental para se obter índices de produtividade satisfatórios. A quantidade de calcário a ser aplicada ao solo é determinada com base nos resultados da análise do solo.

A necessidade de calcário é calculada pela seguinte fórmula:

$$\text{NC} = \frac{\text{CTC} \times (\text{V}_2 - \text{V}_1)}{\text{PRNT}}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário (t ha^{-1}).

CTC = capacidade de troca catiônica do solo ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$).

V_2 = saturação por bases desejada (50% a 60%).

V_1 = saturação por bases do solo (%), fornecida pelo laudo de análise.

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário a ser utilizado.

A aplicação de calcário deve ser realizada em área total onde será implantado o cafezal. O calcário deve ser distribuído uniformemente na superfície do terreno e incorporado na camada de 0-20 cm do solo, preferencialmente dois meses antes do plantio, conforme determinado pela necessidade de calcário (NC).

É importante destacar que devido aos solos do Estado, de maneira geral, apresentarem baixos teores de magnésio, recomenda-se a utilização de calcário dolomítico, pois além de elevar o pH e fornecer cálcio, também é fonte de magnésio para as plantas.

Quando a necessidade de calcário for superior a 5,0 t ha^{-1} recomenda-se aplicar a metade da dose antes da primeira aração ou gradagem e a outra metade antes da segunda gradagem. Este procedimento é feito para uniformizar a distribuição do calcário na camada arada do solo (0-20 cm), o que permite um crescimento mais abundante e melhor distribuído das raízes das plantas. Para quantidades menores que 5,0 t ha^{-1} pode ser realizada uma única aplicação, seguida da incorporação com arado ou grade aradora.

Além da calagem em área total, pode ser realizada também a calagem na cova de plantio. A quantidade de calcário a ser aplicada na cova deve ser calculada considerando o volume de solo da cova. Essa aplicação pode ser feita para complementar a calagem em área total, uma vez que o calcário é distribuído na camada de 0-20 cm e a cova é



aberta com 40 cm a 60 cm de profundidade. A calagem na cova de plantio permite maior crescimento radicular em profundidade. Porém, conforme já mencionado é complementar e não deve substituir a calagem em área total, pois quando a calagem é realizada apenas na cova ocorre restrição ao crescimento do sistema radicular.

Adubação de plantio

A adubação de plantio é de fundamental importância para o cafeiro canéfora, pois a exigência por nutrientes é alta, em virtude do reduzido sistema radicular da muda, no estádio inicial de desenvolvimento. As quantidades de fósforo, potássio e micronutrientes, como zinco e boro, recomendadas para o plantio da cultura do café variam conforme o resultado da análise de solo (Tabela 1).

Tabela 1. Quantidades de fósforo (P_2O_5), potássio (K_2O), boro (B) e zinco (Zn) recomendadas na implantação da cultura do café, em função dos teores de nutrientes no solo.

Nutriente/Método	Teor de fósforo no solo ($mg\ dm^{-3}$)		
	< 10	10 – 20	> 20
P (Mehlich-1)	----- g de P_2O_5 por cova -----		
	40	30	20
Teor de potássio no solo ($mmol_c\ dm^{-3}$)			
	< 1,5	1,5 – 3,0	> 3,0
K (Mehlich-1)	----- g de K_2O por cova -----		
	20	10	0
Teor de boro no solo ($mg\ dm^{-3}$)			
	0 – 0,2	0,21 – 0,60	> 0,60
B (Água quente)	----- g de B por cova -----		
	1	0,5	0
Teor de zinco no solo ($mg\ dm^{-3}$)			
	0 – 0,5	0,6 -1,2	> 1,2
Zn (Mehlich-1)	----- g de Zn por cova -----		
	2	1	0

Fonte: Veneziano (2000).

O fósforo é um nutriente que merece destaque na fase de implantação, especialmente quando se trata de solos amazônicos e de outros solos tropicais, onde esse nutriente é um dos principais entraves para a produção vegetal (NOVAIS; SMITH, 1999), como também demonstrado em Veloso et al. (2003) avaliando o estádio nutricional de lavouras cafeeiras na região da Transamazônica. Além de apresentarem baixos teores de fósforo na forma disponível, os solos de regiões tropicais, em geral, apresentam alta capacidade de adsorção de fósforo pelos óxidos e oxihidróxidos de ferro e alumínio. Sendo assim, a dose de fósforo aplicada ao solo não deve ser o único fator a ser levado em consideração, deve-se considerar também o volume de solo a ser fertilizado, a reatividade do fertilizante em função do tempo e a capacidade de adsorção de fósforo pelo solo (GUARÇONI; PREZOTTI, 2009).

Para o suprimento de micronutrientes tem-se a possibilidade de utilização de fertilizantes conhecidos como FTE do inglês “frited trace elements” que significa “elementos traços fritados” devido à forma como são produzidos sob altas temperaturas. Esses fertilizantes são compostos por uma mistura de nutrientes que geralmente incluem nutrientes como Boro, Cobre, Manganês, Molibdênio e Zinco dentre outros.

No enchimento das covas para o plantio, além da adubação química, pode-se utilizar adubação orgânica. A quantidade é recomendada considerando-se o teor de matéria orgânica do solo (Tabela 2).

Tabela 2. Quantidade de adubo orgânico (curtido) recomendado na implantação da cultura do café em função do teor de matéria orgânica no solo.

Adubo orgânico	Teor de matéria orgânica no solo (g kg^{-1})		
	< 20	20 a 30	> 30
	----- kg cova ⁻¹ -----		
Esterco de bovinos	10,0	6,0	2,0
Palha de café	3,0	2,0	1,0
Esterco de galinhas (cama)	3,0	2,0	1,0
Esterco de galinhas (gaiola)	2,5	1,5	0,5
Esterco de suínos	10,0	6,0	2,0

Fonte: Marcolan et al. (2009).

A adubação orgânica é importante em virtude das funções que a matéria orgânica desempenha no solo, especialmente naqueles que se encontram em algum nível de degradação. Contudo, é difícil suprir as necessidades nutricionais de um cafezal apenas com adubos orgânicos, especialmente em áreas maiores por causa da grande quantidade de adubo necessária, uma vez que estes adubos apresentam baixa concentração de nutrientes, quando comparada a dos adubos minerais.

A maneira mais fácil de adotar a prática da adubação orgânica é quando se produz o adubo na propriedade agrícola, ou quando é possível aproveitar os materiais existentes nas proximidades da lavoura, como esterco de curral (bovino), cama de frango ou esterco de aves, esterco de suínos e palha de café. A composição de nutrientes varia conforme o tipo de adubo orgânico a ser utilizado (Tabela 3).

Tabela 3. Composição média de nutrientes presentes em adubos orgânicos.

Fontes	Teor de nutrientes (g kg^{-1})		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Esterco de bovinos (curtido)	6	3	6
Palha de café	17	1	32
Esterco de galinhas (cama)	15	10	7
Esterco de galinhas (gaiola)	20	20	10
Esterco de suínos	5	3	4

Fonte: adaptado de Matiello (1991) e Malavolta (1993).

Adubação de formação

No primeiro ano, considerando o plantio na época recomendada, outubro a dezembro, após o “pegamento” das mudas no campo, deve ser feita a adubação de cobertura que consiste na aplicação de doses de nitrogênio e potássio ao redor das plantas, na distância de 10 cm do caule. Recomendam-se dividir as doses (Tabela 4), em quatro aplicações, espaçadas em 45 dias. Após esse período a adubação pode ser suspensa por coincidir com o período de estiagem.

No segundo ano, recomenda-se fazer mais quatro aplicações a partir do início do período chuvoso (outubro), com o intervalo de 45 dias entre cada aplicação (Tabela 4).



Tabela 4. Doses de nitrogênio e de potássio recomendadas no primeiro e segundo anos na formação do cafezal.

Idade	Dose de N ⁽¹⁾	Dose K ₂ O ⁽¹⁾
	----- g planta ⁻¹ -----	
1º Ano	32	16
2º Ano	60	60

⁽¹⁾ Parcelar as doses em quatro aplicações, em intervalos de 45 dias, durante o período chuvoso.

Calagem e adubação de produção

Considerando o plantio na época recomendada, outubro a dezembro, aproximadamente 18 meses após o plantio das mudas deve-se verificar a necessidade da calagem e, também, da adubação de produção. Para isso, se faz necessária a amostragem do solo para análise química e, se possível, a análise foliar para auxiliar na tomada de decisão.

A aplicação de calcário e de adubação são práticas, em geral, necessárias para garantir níveis adequados de produtividade. A recomendação de calagem em cafeeiros adultos deve ser realizada com base nos resultados da análise de solo. Já a recomendação de adubação deve ser baseada na análise de solo e na produtividade esperada.

Amostragem de solo no cafezal adulto

Em áreas já implantadas (cafezal estabelecido), inicia-se o processo de amostragem com a separação de talhões (cafezal com mesma idade, manejo e variedade) dentro de uma mesma área homogênea. Segue-se com retirada de 15 a 20 amostras simples por talhão, em ziguezague, sob a projeção da copa dos cafeeiros, local onde serão aplicados os adubos (Figura 2), nas profundidades de 0-20 cm e de 20-40 cm, tomando os mesmos cuidados descritos anteriormente neste capítulo.



Fotos: Marcelo Curitiba Espíndula

Figura 2. Local de coleta de amostras de solo para análise química.

A amostragem do solo na profundidade de 0-20 cm deve ser realizada anualmente, e na profundidade de 20-40 cm deve ser realizada a cada dois anos, após a colheita e pelo menos dois meses após a última adubação.

Amostragem e análise química foliar

A análise química foliar avalia a concentração dos nutrientes nos tecidos foliares. A interpretação desses resultados (concentrações nutricionais) por diferentes métodos (faixa de suficiência, nível crítico e DRIS) é utilizada para o diagnóstico do estado nutricional das plantas.

A adequada avaliação do estado nutricional das plantas depende da correta aplicação das práticas de coleta e análise dos tecidos que se pretende avaliar, que no caso do café são as folhas. Para tal, inicialmente deve-se proceder a amostragem de forma representativa, dividindo a área em talhões uniformes. A divisão pode ser feita pelos atributos do solo, diferenças de fertilidade previamente conhecidas, e relevo, como também pela idade das plantas, genótipos, espaçamentos, número de hastes e produtividade esperada.

A amostragem foliar normalmente é feita no início do desenvolvimento dos frutos, aproximadamente 30 a 60 dias após a florada geral, com a cultura na fase fenológica do “grão chumbinho” (MALAVOLTA et al., 1997).

Para maior representatividade as coletas devem ser padronizadas, coletando-se folhas, completamente expandidas, situadas no terceiro ou quarto par de folhas a partir do ápice do ramo plagiotrópico (ramo em produção). Devem ser coletadas quatro folhas por planta amostrada, sendo uma em cada ponto cardeal. Os ramos plagiotrópicos devem estar situados no terço médio da planta (Figura 3).



Foto: Marcelo Curitiba Espíndula e Rafael Alves da Rocha

Figura 3. Local de coleta de amostra foliar na planta.

Para cada talhão deverão ser coletadas 25 plantas ao acaso, totalizando 100 folhas por talhão homogêneo (BRAGANÇA et al., 2001), caminhando-se em ziguezague e evitando-se aquelas com danos mecânicos causados por atrito, doenças e pragas.

Para a interpretação dos resultados da análise foliar utiliza-se o método da faixa de suficiência ou nível crítico foliar previamente estabelecido pela literatura. Estes teores de nutrientes foliares considerados adequados (Tabela 5), também conhecidos por “nível crítico”, limite inferior da faixa “Alto”, em que normalmente obtêm-se rendimentos próximos à máxima eficiência econômica da cultura e, em geral, esse rendimento situa-se próximo a 90% do rendimento relativo máximo.

Tabela 5. Teores de nutrientes nas folhas considerados adequados ao desenvolvimento de café canéfora.

Nutriente	Teor adequado
Nitrogênio	30 g kg ⁻¹
Fósforo	1,2 g kg ⁻¹
Potássio	21 g kg ⁻¹
Cálcio	14 g kg ⁻¹
Magnésio	3,2 g kg ⁻¹
Enxofre	2,4 g kg ⁻¹
Boro	48 mg kg ⁻¹
Zinco	12 mg kg ⁻¹
Manganês	69 mg kg ⁻¹
Cobre	11 mg kg ⁻¹
Ferro	131 mg kg ⁻¹

Fonte: Costa e Bragança (1996).

De posse dos resultados da análise da composição química foliar e da análise do solo, é possível estabelecer relação entre a disponibilidade de nutrientes no solo e a absorção de nutrientes pela planta, o que pode resultar em maior eficiência do manejo nutricional dos cafeeiros.

Calagem

A aplicação de calcário pode ser realizada de forma manual ou mecanizada (Figura 4), preferencialmente em área total. A aplicação manual é usual em pequenas propriedades, onde não se dispõe de mecanização e se utiliza mão de obra familiar para os tratos culturais. Já, a aplicação mecanizada é utilizada em lavouras maiores onde a aplicação manual se torna inviável por causa da dificuldade de contratação de mão de obra externa, demasiadamente onerosa.

Para as áreas em produção, recomenda-se a aplicação superficial de calcário, sem a incorporação ao solo. Neste caso, considera-se que o calcário reagirá de forma mais efetiva apenas na camada de 0-10 cm. Recomenda-se aplicar a metade da quantidade indicada pela NC (NC x 0,5), pois a fórmula considera uma quantidade de calcário para ser distribuída na camada de 0-20 cm de solo, evitando assim a supercalagem, ou seja, a elevação excessiva do pH na camada superficial do solo, que prejudica a absorção de alguns nutrientes, e gastos desnecessários.



Foto: Marcelo Curitíba Espíndula

Figura 4. Calagem em lavoura de *C. canephora* 'Conilon' plantado com espaçamento de 3 m entre linhas e com três anos de idade.

Adubação

A adubação de produção deve ser efetuada com base na análise do solo (teores de nutrientes no solo) e na produtividade esperada (Tabela 6). A produtividade esperada deve considerar o potencial genético da cultura (mudas clonadas ou provenientes de sementes); o manejo (espaçamento, número de plantas por hectare, poda, controle fitossanitário, irrigação); solo (textura, profundidade); idade das plantas e o clima da região.

Tabela 6. Quantidades de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) recomendadas para a cultura do café em função da produtividade esperada e do teor de P e K no solo.

Produtividade esperada - sacas ha ⁻¹ -	N ⁽¹⁾ N (kg ha ⁻¹)	P Melich-1 (mg dm ⁻³)			K trocável (mmol _c dm ⁻³)		
		<10	10-20	>20	<1,5	1,5-3,0	>3,0
20 – 30	150	40	20	0	120	80	40
30 – 40	180	50	30	0	150	100	50
40 – 50	210	60	40	20	180	120	60
50 – 60	240	70	50	30	210	140	70
60 – 70	270	80	60	40	240	160	80
70 – 80	300	90	70	50	270	180	90
80 – 90	330	100	80	60	300	200	100
90 – 100	360	110	90	70	330	220	110
100 – 110	390	120	100	80	360	240	120
110 – 120	420	130	110	90	390	260	130
120 – 130	450	140	120	100	420	280	140
130 – 140	480	150	130	110	450	300	150
140 – 150	510	160	140	120	480	320	160

⁽¹⁾ As doses de N e K₂O devem ser divididas em quatro aplicações durante o período chuvoso.
Fonte: adaptado de Veneziano (2000).

A Tabela 7 apresenta a recomendação de adubação para os micronutrientes boro e zinco, conforme o resultado da análise do solo.

Tabela 7. Quantidades de boro e zinco recomendadas para a cultura do café em função dos teores no solo.

Nutrientes	Teor no solo	Recomendação
	----- mg dm ⁻³ -----	----- kg ha ⁻¹ -----
Boro (B)	< 0,20	2
	0,21 – 0,60	1
	> 0,60	0
Zinco (Zn)	< 0,5	2
	0,6 - 1,2	1
	> 1,5	0

Fonte: adaptado de Veneziano (2000).

A aplicação dos adubos deve ser feita sob a projeção da copa dos cafeeiros, pois é onde se encontra a maior parte das raízes com maior potencial de absorção dos nutrientes. Recomenda-se parcelar a quantidade de nitrogênio e potássio em quatro vezes (outubro, dezembro, janeiro e março/abril), durante o período chuvoso, enquanto que os demais (fósforo e micronutrientes, boro e zinco) devem ser aplicados em uma só vez, durante o primeiro parcelamento da adubação nitrogenada e potássica.

Durante o início da estação de crescimento, é comum verificar deficiência visual de boro e zinco, pois neste período ocorre simultaneamente o crescimento vegetativo e reprodutivo, atividades altamente dependentes destes nutrientes. Assim, com base nas análises de solo e folhas deve ser dada atenção especial a estes nutrientes durante o início da estação chuvosa.

Adubação quando se dispõe de irrigação

A área com café irrigado vem crescendo significativamente em Rondônia. Ainda não existem dados oficiais, que informem com precisão a área total de café que já utiliza irrigação, seja por aspersão, microaspersão ou gotejamento. A irrigação localizada é a mais apropriada para a cultura do café, por ser mais eficiente no uso da água e por possibilitar fazer fertirrigação. Apesar do alto investimento em equipamentos, o produtor economizará em mão de obra para realizar as adubações, além da maior produtividade esperada por causa da maior eficiência nutricional do sistema envolvido, especialmente quando for utilizado o gotejamento.

É importante ressaltar que existem fertilizantes apropriados para a fertirrigação, os quais são mais solúveis em água, além de serem livres de impurezas. A quantidade de nutrientes fornecida às plantas pode ser calculada da mesma maneira como se faz para as adubações convencionais (baseadas nas análises de solo e de tecido foliar). A diferença é que a fertirrigação fornece os nutrientes de forma mais parcelada e em quantidades menores a cada aplicação. Dessa maneira, em menor quantidade e maior periodicidade, a eficiência no uso de insumos tende a ser maior, principalmente pela diminuição das perdas, o que se reflete em ganhos de produtividade na lavoura.

O produtor que optar por um sistema de irrigação ou fertirrigação tem maior flexibilidade para mudar o manejo da lavoura. Com estas tecnologias é possível fazer adubação de crescimento por um período maior durante o ano, pois, na região Amazônica, não há restrição de crescimento por baixas temperaturas. A adubação de produção em sistemas irrigados pode ter o seu início antecipado para o final de agosto ou início de setembro e poderá ser parcelada até pouco antes da fase de maturação dos frutos (março/abril).

Atenção especial deve ser dada para o ciclo de maturação dos genótipos que estão sendo cultivados. Genótipos com menor duração do ciclo de maturação dos frutos apresentam maior velocidade de acúmulo de massa de matéria seca e nutrientes (PARTELLI et al., 2014) e, por isso, devem receber a adubação de produção dentro de um período menor que genótipos tardios. Entretanto, os genótipos tardios (maturação em junho ou julho) podem ter suas adubações parceladas até o final de maio, dependendo do genótipo.

Em sistemas irrigados ou fertirrigados, por não depender de precipitações, é possível fazer o plantio antecipado do cafezal, o que permite aumentar a produtividade na primeira safra comercial, sendo para isso necessário aumentar a quantidade de adubação de crescimento.

A desvantagem da fertirrigação, além do custo inicial elevado, está relacionada ao manejo inadequado que pode promover a salinização ou a acidificação do solo, a lixiviação de nutrientes e a eutrofização ou contaminação dos mananciais. Sendo assim, para implantar um sistema de fertirrigação, deve-se ter o acompanhamento técnico, por causa do alto risco de danos ambientais e de prejuízos financeiros que podem ocorrer para produtor.

Diagnose visual do estado nutricional das plantas

Além do procedimento padrão que envolve análise do solo e de tecido foliar, a diagnose visual é prática que auxilia o manejo nutricional de lavouras cafeeiras. No entanto, a utilização desta prática como ferramenta para o manejo nutricional é desaconselhável, pois, a detecção de deficiência visual de nutrientes nas plantas exige conhecimento, experiência e indica que o manejo não foi adequado e que as plantas já entraram em estresse nutricional severo.

Quando a planta apresenta o sintoma, seu metabolismo já foi comprometido e a correção da deficiência nem sempre trará benefícios como incremento de produção ou produtos de melhor qualidade (MARSCHNER, 1995). Além disso, os sintomas normalmente ocorrem de forma complexa, onde a deficiência nutricional não é apenas de um elemento e depende ainda, do efeito do manejo dado à cultura, além da integração desta com o ambiente de cultivo (fatores bióticos e abióticos).

A prevenção, por meio de adubações embasadas em análises químicas, é a melhor solução para garantir produtividade adequada e com qualidade. Por isso, as análises de solo e de tecido foliar representam as mais importantes ferramentas para avaliar a fertilidade do solo e o estado nutricional da planta, respectivamente. Salienta-se que uma análise não substitui a outra, sendo complementares. Pode-se ter um solo com elevada fertilidade, porém com plantas em estado nutricional desequilibrado.

A diagnose visual consiste na comparação visual do aspecto (coloração, tamanho e forma) da amostra (planta, ramos e folhas) com uma planta ou amostra padrão, cujo aspecto visual condiz com o equilíbrio nutricional da espécie. A folha é, na maioria das vezes, o órgão de comparação, pois é o que melhor reflete o estado nutricional da planta, pois os principais processos metabólicos do vegetal ocorrem nas folhas, que são os órgãos da planta mais sensíveis às variações nutricionais.



Havendo falta ou excesso de nutriente, a planta manifestará sintomas visíveis, os quais são típicos para cada elemento. Isso se deve ao fato de que um dado nutriente exerce sempre as mesmas funções em qualquer espécie de planta. Os sintomas foliares podem ser divididos em cinco classes (BENNETT, 1993): a) cloroase, uniforme ou internervural; b) necrose, nas pontas, margens ou entre as nervuras das folhas; c) perda da dominância apical, com morte da gema apical e ou, superbrotamento; d) acúmulo de antocianina e desenvolvimento de coloração avermelhada; e) deformação, com coloração normal ou amarelecimento.

A ocorrência do sintoma em folhas velhas ou novas depende da mobilidade do elemento no floema. Elementos móveis, como N, P, K e Mg, manifestam a deficiência primeiramente em folhas velhas, de onde são translocados para suprir as regiões de dreno metabólico, enquanto que as folhas novas irão demonstrar sintomas de deficiência de elementos pouco móveis, como Ca, Mn, Cu, Zn, Fe e B (MALAVOLTA, 2006).

Apesar de parecer complexa e às vezes de difícil diagnóstico, a diagnose visual é uma opção que pode auxiliar no manejo da adubação para a cultura cafeeira, pois os sintomas foliares são facilmente visualizados a campo. Sendo assim, é importante conhecer os sintomas das principais deficiências nutricionais, para que seja possível diagnosticar com maior precisão esses sintomas.

Nitrogênio (N)

É um nutriente requerido em grande quantidade por todas as culturas. A deficiência de nitrogênio no cafeiro causa inicialmente cloroase (perda da coloração verde típica) uniforme nas folhas. Por causa da mobilidade do nitrogênio na planta, o sintoma ocorre inicialmente nas folhas velhas, podendo atingir as outras folhas, conforme a gravidade da deficiência (Figura 5A e B). Além da cloroase, pela menor quantidade de cloroplastos que tende a mudar a cor verde para amarela e, se continuar a deficiência, pode chegar à necrose (cor escura indicando tecido morto) que proporcionará a queda dessas folhas, observa-se a redução do tamanho das folhas novas e em alguns casos de deficiência aguda pode ocorrer a seca dos ramos conhecida como *die-back*.



Fotos: Marcelo Curitiba Espindula

Figura 5. Sintomas de deficiência de nitrogênio em *C. canephora*. Planta com deficiência generalizada de N (A). Folha deficiente à esquerda e sadias à direita (B).

O período seco aumenta a severidade da deficiência de nitrogênio, pois a redução da umidade afeta a mineralização da matéria orgânica que é a principal fonte desse nutriente, além da baixa umidade no solo reduzir a sua mobilidade.

Fósforo (P)

Assim como ocorre com o nitrogênio, os primeiros sintomas de deficiência de fósforo ocorrem nas folhas velhas, pois o nutriente apresenta rápida mobilidade na planta. Nem sempre o primeiro sintoma de deficiência é percebido, pois a perda de brilho das folhas velhas evolui para manchas amareladas que passam para amarelo-bronzeada e, em seguida, para a cor pardo-vermelhada. Tornam-se marrom-arroxeadas, conforme a severidade da deficiência, por causa do acúmulo de antocianinas (Figura 6A e B).

Em casos extremos observam-se ainda manchas necróticas no limbo, distribuídas irregularmente. Associado a esses sintomas tem-se a morte prematura das folhas mais velhas. É comum a ocorrência de deficiência de fósforo em plantas de café durante o período de estiagem, mesmo havendo disponibilidade do nutriente no solo, em virtude da sua baixa mobilidade no solo.



Fotos: Marcelo Curitiba Espindula

Figura 6. Sintomas de deficiência de fósforo em *C. canephora*. Ramo plagiotrópico apresentando deficiência de P na parte basal (A). Folha sadia à esquerda e deficiente à direita (B)

Potássio (K)

Inicia-se com cloroze nas margens das folhas mais velhas que, com severidade da deficiência, transforma-se em necrose (Figuras 7A e B). A parte central das folhas é pouco afetada, entretanto essas folhas são facilmente destacadas, podendo provocar desfolhamento do cafeiro que contribui para a má formação dos frutos (frutos menores e chochos) que proporciona perda de qualidade e redução na produtividade. Em certos casos, observa-se a morte descendente dos ramos.



Fotos: Marcelo Curitiba Espíndula

Figura 7. Sintomas de deficiência de potássio em *C. canephora*. Ramo plagiotrópico apresentando deficiência de K (A). Clorose e necrose das extremidades da folha causadas por deficiência de K (B).

Cálcio (Ca)

O sintoma de deficiência de cálcio inicia com a clorose nas folhas mais novas, nas margens e evoluindo para o centro, podendo atingir a folha toda. Pode ainda apresentar pequenas áreas necróticas. Conforme a severidade da deficiência pode ocorrer a morte da gema terminal e a deformação de folhas recém-lançadas (Figuras 8A e B).



Fotos: Marcelo Curitiba Espíndula

Figura 8. Sintomas de deficiência de cálcio em *C. canephora*. Clorose das extremidades (A). Deformação das folhas jovens (B).

Magnésio (Mg)

Apresenta clorose amarelo-claro no tecido internervural (parte que fica entre as nervuras da folha), passando de amarelo-claro para amarelo-avermelhado, embora as nervuras se mantenham verdes (Figura 9). Em caso de deficiência acentuada observa-se necrose nas pontas das folhas. Esse sintoma é iniciado nas folhas mais velhas e com o agravamento da deficiência pode atingir nas folhas mais novas.



Foto: Marcelo Curitiba Espíndula

Figura 9. Sintomas de deficiência de magnésio em *C. canephora*.

Enxofre (S)

Os sintomas iniciais são clorose nas folhas mais novas, na forma de uma faixa larga que compreende a nervura principal e se estende até o meio da lâmina foliar, sintoma que reflete a falta de clorofila nos cloroplastos (Figura 10).



Foto: Francisco Feiner

Ferro (Fe)

Os sintomas iniciais ocorrem nas folhas mais jovens, pela baixa mobilidade deste nutriente na planta. As folhas deficientes em Fe apresentam clorose internervural onde somente os vasos permanecem verdes contrastando com a cor amarelada do limbo foliar e formando um reticulado característico (Figura 11). A deficiência pode aparecer de forma mais acentuada quando a planta está em rápido crescimento.

Figura 10. Sintomas de deficiência de enxofre em *C. canephora*.

Fonte: Bragança et al. (2007)



Foto: Marcelo Curitiba Espíndula

Boro (B)

Os sintomas de deficiência são mais comuns em solos ácidos e pobres em matéria orgânica. Os sintomas mais típicos são: paralisação do crescimento dos ramos; morte de gemas terminais na ponta dos ramos e excessiva brotação nos ápices das plantas, formando um aspecto de leque; folhas deformadas, pequenas e retorcidas com bordas irregulares (Figura 12); abortamento de flores e morte das pontas das raízes.

Figura 11. Sintomas de deficiência de ferro em *C. canephora*.

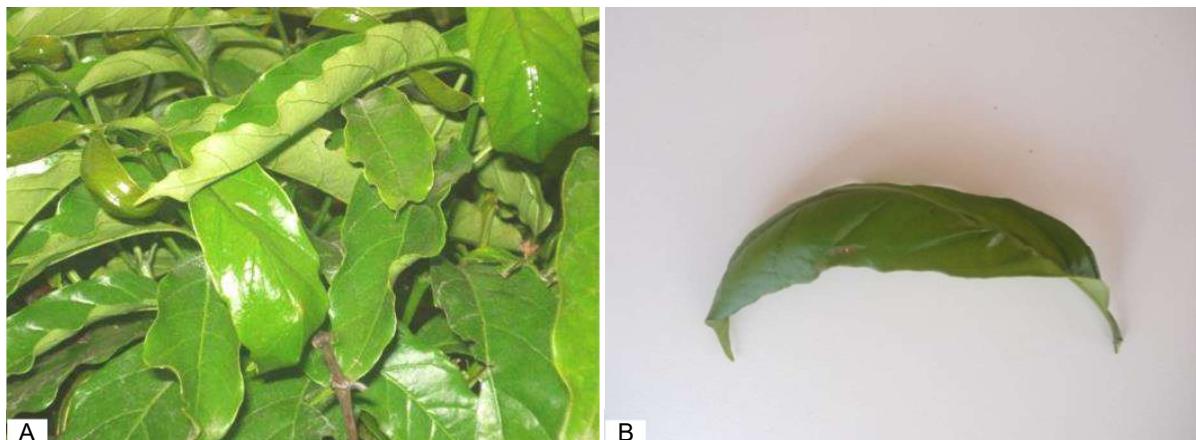


Foto: Marcelo Curitiba Espíndula

Cobre (Cu)

O sintoma típico de deficiências de cobre é a deformação das folhas jovens que se tornam onduladas na parte superior, com nervuras salientes, encurvando-se para baixo (Figuras 13A e B). Na evolução dos sintomas, a deficiência passa para as folhas mais velhas, que além de encurvadas para baixo, apresentam a nervura central e a faixa próxima mais clara, um pouco esbranquiçada.

Figura 12. Sintomas de deficiência de boro em *C. canephora*.



Fotos: Marcelo Curitiba Espindula

Figura 13. Sintomas de deficiência de cobre em *C. canephora*. Deformação de folhas jovens (A). Detalhe do encurvamento da folha (B).

Zinco (Zn)

Os sintomas de deficiência são redução dos internódios (Figura 14A), roseta de folhas nas pontas dos ramos (Figura 14B), folhas pequenas, estreitas, de aspecto coriáceo e quebradiças (Figura 14C); frutos menores e redução na produção.



Fotos: Marcelo Curitiba Espindula

Figura 14. Sintomas de deficiência de zinco em *C. canephora*. Encurtamento dos entrenós (A). Estreitamento de folhas em brotações (B). Folhas maduras pequenas e estreitas após expansão sob condições de deficiência de zinco (C).

Manganês (Mn)

As plantas com deficiência de manganês apresentam clorose internervural nas folhas jovens e velhas (Figura 15A, B e C). Este sintoma é facilmente confundível com os

sintomas de toxidez de manganês e/ou deficiência de ferro. Em estágio avançado as folhas apresentam clorose generalizada e aspecto amarelo-esbranquiçado (Figura 15A). Ocorre em solos onde foi aplicada dose excessiva de calcário. Além dos sintomas citados anteriormente, as folhas mais velhas caem com facilidade como também os frutos na fase cereja. A adubação de zinco em excesso pode proporcionar deficiência de manganês, assim como a adubação em excesso de manganês pode provocar deficiência de ferro.



Fotos: Marcelo Curitiba Espindula

Figura 15. Ramo plagiotrópico deficiente em manganês apresentando sintomas em folhas novas e folhas velhas (A). Sintomas iniciais em folhas velhas (B). Detalhe de deficiência severa em folhas novas (C).

Considerações finais

A Amazônia Sul Ocidental, especialmente o Estado de Rondônia, apresenta grande potencial para a ampliação da cafeicultura. Entretanto, é necessário aplicar no campo os conhecimentos já obtidos e desenvolver ainda mais os conhecimentos a respeito das técnicas de cultivo, especialmente aquelas voltadas para a nutrição do cafeiro. O parcelamento e as doses de adubações quando se dispõe de irrigação (fertirrigação), refinar os dados para recomendação de doses de fertilizantes, analisar criteriosamente a viabilidade ou não do uso de gesso agrícola na região, são desafios atuais a fim de proporcionar ao cafeicultor a máxima eficiência técnica e econômica da cultura.

Referências

- BENNETT, W. F. Plant nutrient utilization and diagnostic plant symptoms. In: W.F. BENNETT, W. F. (Ed.). **Nutrient deficiencies and toxicities in plants**. St. Paul, Minn.: APS Press, 1993. p. 1-7.
- BRAGANÇA, S. M.; COSTA, A. N.; LANI, J. A. Absorção de nutrientes pelo cafeiro conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) aos 3,6 anos de idade: Macronutrientes. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas, MG. **Palestras...** Brasília: Embrapa Café, 2002. p. 1350-1351.
- BRAGANÇA, S. M.; LANI, J. A.; DE MUNER, L. H. **Café Conilon:** adubação e calagem. Vitória: Incaper, 2001. 31 p. (Circular Técnica, 1).
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de café.** Safra 2015, Primeiro Levantamento, Brasília, Janeiro de 2015. v.1, n. 3. Brasília: Conab, 2015. 41p. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 20 mai. 2015.



COSTA, A. N.; BRAGANÇA, S. M. Normas de referência para o uso do DRIS na avaliação do estado nutricional do café conilon. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 22., 1996, Águas de Lindóia, SP. Anais... Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1996. p. 103-104.

GUARÇONI M. A.; PREZOTTI, L.C. Fertilização do café conilon. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Tecnologias para produção do café conilon**. Viçosa, MG: UFV, 2009. p. 249-293.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação do cafeiro-colheitas econômicas máximas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1993. 210 p.

MALAVOLTA, E; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MARCOLAN, A. L.; RAMALHO, A. R.; MENDES, A. M.; TEIXEIRA, C. A. D.; FERNANDES, C. de F.; COSTA, J. N. M.; VIEIRA JÚNIOR, J. R.; OLIVEIRA, S. J. de M.; FERNANDES, S. R.; VENEZIANO, W. **Cultivo dos cafeeiros Conilon e Robusta para Rondônia**. 3. ed. rev. atual. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2009. 67 p. (Embrapa Rondônia. Sistema de produção, 33).

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. Amsterdam: Academic Press, 2005. 889 p.

MATIELLO, E. M.; PEREIRA, M. G.; ZONTA, E.; MAURI, J.; MATIELLO J. D.; MEIRELES, P. G.; SILVA, I. R. da. Produção de matéria seca, crescimento radicular e absorção de cálcio, fósforo e alumínio por *Coffea canephora* e *Coffea arábica* sob influência da atividade do alumínio em solução. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32. n. 1, p. 425-434, 2008.

MATIELLO, J. B. **O café: do cultivo ao consumo**. São Paulo: Globo, 1991. 320 p.

MAURI, J.; MATIELLO, J. B.; MEIRELES, P. G.; MATIELLO, E. M.; ZONTA, E.; PEREIRA, M. G. Efeito do alumínio no desenvolvimento de *Coffea canephora* e *Coffea arábica* cultivados em solução nutritiva. In: In: REUNIÃO BRASILEIRA DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 10.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 8.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 5., 2004, Lages. **Fertbio 2004**: anais. Lages: SBCS; UDESC Lages, Departamento de Solos, 2004. 1 CD-ROM.

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

VELOSO, C. A. C.; SOUZA, F. R. S. de; CORREA, J. R. V.; RIBEIRO, S. I.; OLIVEIRA, M. C. M. de; CARVALHO, E. J. M. Avaliação do estado nutricional do cafeiro (*Coffea canephora*) na região da Transamazônica. In: SIMPOSIO DE PESQUISA DOS CAFES DO BRASIL, 3., 2003, Porto Seguro, BA. **Workshop Internacional de Café e Saúde**: anais. Brasília, DF: Embrapa Café, 2003. p. 397-398.

PARTELLI, F. L.; ESPINDULA, M. C.; MARRÉ, W. B.; VIEIRA, H. D. Dry matter and macronutrient accumulation in fruits of conilon coffee with different ripening cycles. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 38, n. 1, p. 214-222, 2014.

VENEZIANO, W. **Recomendação técnica de adubação e calagem para cafeeiros conilon (*Coffea canephora*) em Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2000. 7 p. (Embrapa Rondônia. Circular Técnica, 62)