

DIAGNOSE NUTRICIONAL DE CAFEIEIROS DA REGIÃO DO ALTO JEQUITINHONHA (MG): NORMAS DRIS E FAIXAS CRÍTICAS DE NUTRIENTES⁽¹⁾

Múcio Mágnio de Melo Farnezi⁽²⁾, Enilson de Barros Silva⁽³⁾ & Paulo Tácito Gontijo Guimarães⁽⁴⁾

RESUMO

As normas do Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS) ainda não foram estabelecidas para a cultura do café do Alto Jequitinhonha, MG, o que impede que o DRIS seja aplicado nos cafeeiros da região. A diagnose foliar, mediante o uso do DRIS e de faixas críticas de referência, destaca-se entre as ferramentas potenciais que permitem usar eficientemente os fertilizantes. Desse modo, este trabalho objetiva estabelecer as normas DRIS, bem como estimar os valores das faixas críticas dos nutrientes de referência para a diagnose nutricional de cafeeiros da região do Alto Jequitinhonha, por meio do DRIS. Determinaram-se os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn em 52 lavouras cafeeiras, em duas safras (2005 e 2006). Foram selecionadas, para estabelecer as normas DRIS, 23 lavouras em cada safra com produtividade maior e igual a 30 sacas de grãos de café por hectare. As faixas críticas obtidas do DRIS, determinando-se a frequência com que o teor de cada nutriente das lavouras nas duas safras foi deficiente, adequado ou excessivo em relação aos padrões mencionados e teores considerados adequados pela literatura. As normas DRIS foram estabelecidas para cafeeiros da região do Alto Jequitinhonha e utilizadas para propor faixas críticas adequadas. Para isso, foram estabelecidos os valores para N (2,25–2,79 dag kg⁻¹), P (0,18–0,22 dag kg⁻¹), K (1,72–2,10 dag kg⁻¹), Ca (1,26–1,51 dag kg⁻¹), Mg (0,29–0,35 dag kg⁻¹), S (0,13–0,32 dag kg⁻¹), B (83,8–96,3 mg kg⁻¹), Cu (5,7–9,3 mg kg⁻¹), Fe (67,5–116,2 mg kg⁻¹), Mn (219–422 mg kg⁻¹) e Zn (17,4–30,0 mg kg⁻¹), e faixas críticas adequadas para diagnose nutricional de cafeeiros da região do Alto Jequitinhonha,

⁽¹⁾ Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM. Trabalho apresentado no XXXICBCS, Gramado (RS), de 05 a 10 de agosto de 2007. Trabalho financiado pela FAPEMIG. Recebido para publicação em dezembro de 2008 e aprovado em maio de 2009.

⁽²⁾ Mestrando em Produção Vegetal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM. Rua da Glória 187, CEP 39100-000 Diamantina (MG). Bolsista da CAPES. E-mail: muciomagno@yahoo.com.br

⁽³⁾ Professor Adjunto do Departamento de Agronomia, UFVJM. E-mail: ebsilva@ufvjm.edu.br

⁽⁴⁾ Pesquisador da EPAMIG/CTSM. Caixa Postal 176, CEP 37200-000 Lavras (MG). E-mail: paulotgg@ufla.br

no Estado de Minas Gerais. Os cafezais da região em desequilíbrio apresentaram deficiência em P, K, S, B, Cu, Mn e Zn e excesso de Ca, Mg e Fe.

Termos de indexação: *Coffea arabica*, análise foliar, método, estado nutricional.

SUMMARY: *NUTRITIONAL DIAGNOSIS OF COFFEE PLANTATIONS IN THE UPPER JEQUITINHONHA VALLEY, MINAS GERAIS STATE, BRAZIL: DRIS NORMS AND CRITICAL NUTRIENT RANGES*

In the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS), norms for coffee in the Upper Jequitinhonha Valley, Minas Gerais, Brazil, have not been established yet. The lack of these norms hinders the application of the DRIS to the coffee plantations in the region. The foliar diagnosis, based on the DRIS and on critical reference ranges, stands out among the tools that allow an efficient use of fertilizers. This study aimed to determine DRIS norms as well as to establish values of the critical nutrient ranges of reference for the nutritional diagnosis of coffee in the Upper Jequitinhonha Valley, by the DRIS. The foliar concentrations of N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, and Zn in 52 coffee plantations were determined in two cropping years (2005 and 2006). To establish DRIS norms 23 plantations were chosen, with yields higher than or equal to 30 sacks of coffee grain per hectare in each harvest. The critical nutrient ranges for the DRIS were obtained by determining the frequency with which each nutrient content of the plantations in two harvests was deficient, adequate or excessive according to the cited standards and sufficiency ranges reported in the literature. The DRIS norms were established for coffee in the region of the Upper Jequitinhonha Valley and used to propose appropriate critical ranges. For this purpose, the following values were proposed: for N (2.25–2.79 kg dag⁻¹), P (0.18–0.22 kg dag⁻¹), K (1.72–2.10 kg dag⁻¹), Ca (1.26–1.51 kg dag⁻¹), Mg (0.29–0.35 kg dag⁻¹), S (0.13–0.32 kg dag⁻¹), B (83.8–96.3 mg kg⁻¹), Cu (5.7–9.3 mg kg⁻¹), Fe (67.5–116.2 mg kg⁻¹), Mn (219–422 mg kg⁻¹), and for Zn (17.4–30.0 mg kg⁻¹). In regional coffee plantations with inadequate nutrition deficiencies of P, K, S, B, Cu, Mn, and Zn were observed as well as excessive contents of Ca, Mg and Fe.

Index terms: Coffea arabica, foliar analysis, method, nutrient status.

INTRODUÇÃO

O Vale do Jequitinhonha apresenta-se como a mais nova região no cenário cafeeiro do Estado de Minas Gerais, com uma área plantada de aproximadamente 23.850 hectares (CONAB, 2007). Entre os fatores que dificultam a expansão da cafeicultura no Alto Vale do Jequitinhonha estão o baixo nível tecnológico dos produtores e a falta de incentivo e assistência técnica, o que culmina com baixa produtividade, resultante, entre outros fatores, da nutrição inadequada das plantas.

O cafeeiro tem como característica uma grande exportação de nutrientes do solo, necessitando de adequada aplicação de corretivos e fertilizantes para alcançar alta produtividade. O elevado preço dos fertilizantes exige que esses insumos sejam aplicados de forma econômica e eficiente (Corrêa et al., 2001). Para uma adequada recomendação de adubação, é necessário identificar aqueles nutrientes limitantes da alta produtividade. Essa identificação, normalmente feita pela avaliação da fertilidade do

solo, tem sido respaldada pela diagnose nutricional de plantas (Reis Jr. et al., 2002).

Este sistema de interpretação de resultados de análises de tecidos vegetais compara razões entre pares de nutrientes de uma lavoura amostrada com valores de referência de um grupo de produtividade desejada, por meio de uma fórmula padrão relativamente complexa, calculando um índice para cada nutriente envolvido na diagnose. O índice DRIS negativo indica que o nutriente está em deficiência relativa, enquanto o índice DRIS positivo indica excesso relativo do referido nutriente. Considera-se determinado nutriente em perfeito equilíbrio com os demais quando o seu índice DRIS for igual a zero (Payne et al., 1990). Os índices dos nutrientes em uma amostra podem variar de positivos a negativos, mas o somatório desses índices sempre é igual a zero.

Na determinação dos teores foliares adequados, tem sido adotado um método que utiliza índices obtidos com o DRIS. Esse método consiste em ajustar um modelo matemático para os índices DRIS de um nutriente conforme seu teor foliar; se resultar no

modelo ajustado igual a zero, é considerado teor adequado (Reis Jr. et al., 2002). No entanto, a desvantagem desse método é sua inabilidade em relacionar adequadamente a variação na concentração de nutrientes, com base na matéria seca, e a idade da planta (Martinez et al., 2004). Esse método é menos afetado por pequenos efeitos locais de ambiente e da própria planta quando comparado ao nível crítico, uma vez que os limites das faixas de suficiência são maiores (Bataglia et al., 1992). A adoção de faixas de suficiência melhora a flexibilidade na diagnose, embora haja perda na exatidão, principalmente quando os limites das faixas são muito amplos (Sumner, 1979; Martinez et al., 1999).

Estudos para o diagnóstico dos fatores nutricionais que limitam a produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.), com o objetivo de proporcionar um manejo adequado e reduzir os custos de exploração desta cultura, foram realizados em várias regiões produtoras do estado de Minas Gerais por Corrêa et al. (2001) e Reis Jr. et al. (2002), na região do sul de Minas e por Martinez et al. (2003), nas regiões da Zona da Mata, Alto Paranaíba e sul de Minas. As normas do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), desenvolvido por Beaufilet (1973), ainda não foram estabelecidas para os cafeeiros do Alto Vale do Jequitinhonha, região recente no cultivo desta cultura, o que impede que o DRIS seja aplicado na cultura do café nessa região devido às diferentes condições edafoclimáticas.

O trabalho objetivou estabelecer as normas DRIS para cafeeiros dessa região e propor valores das faixas críticas dos nutrientes de referência para a diagnose nutricional de cafeeiros da região do Alto Vale do Jequitinhonha.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram selecionadas 52 lavouras em 10 municípios produtores de café (Capelinha, Diamantina, Presidente Kubitschek, Felício do Santos, São Gonçalo do Rio Preto, Angelândia, Setubinha, Água Boa, Turmalina e Aricanduva) da região do Alto Vale do Jequitinhonha, MG, e em cada uma foram demarcados talhões de um hectare, nos quais foram selecionadas 25 plantas para avaliação foliar (250 folhas por talhão), segundo recomendação de Malavolta (1993). Determinaram-se os teores foliares de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn) segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997), e a produção de grãos em duas safras (2005 e 2006). Os frutos foram colhidos por derriça no pano e, depois, foram secos em terreiro de cimentado, beneficiados e pesados. O café beneficiado foi colocado em sacas de 60 kg ha⁻¹. Pelas informações obtidas nos questionários aplicados aos cafeicultores, verificou-se que os talhões foram demarcados em cafezais de cinco a nove anos de idade e com população variando entre 4.000 e 6.000 plantas ha⁻¹. As

cultivares plantadas foram Catuaí (95 %); Mundo Novo (5 %) e a adubação do cafeeiro em fase de produção foi recomendada por Guimarães et al. (1999).

Para o estabelecimento das normas DRIS para a diagnose nutricional dos cafeeiros da região do Alto Vale do Jequitinhonha (MG), foram utilizados os dados de produtividade de grãos de café e os teores foliares de nutrientes, formando um banco de dados que foi dividido em dois grupos: um com produtividade igual e superior a 30 sacas ha⁻¹ de café beneficiado (grupo de referência) e outro com produtividade abaixo de 30 sacas ha⁻¹.

A normalidade para as relações entre nutrientes obtidas no grupo de alta produtividade foi avaliada pelo teste de Lilliefors, descrito por Leite (1993). Médias de produtividade e teores de nutrientes do grupo de baixa e alta produtividades foram comparados pela avaliação de seus intervalos de confiança. Para cada par de nutriente, a forma de expressão que forneceu a maior razão de variância entre os grupos definidos de referência (S^2_B/S^2_A) foi selecionada, dentre a relação direta ou inversa, a ser usado no DRIS, conforme descrito por Walworth et al. (1986) e Hartz et al. (1998).

Pelas normas DRIS estabelecidas para os cafeeiros da região do Alto Vale do Jequitinhonha (MG), podem-se calcular os índices DRIS para cada nutriente, por meio da fórmula:

$$IN = [Z(A/B) + Z(A/C) + \dots + Z(A/N) - Z(B/A) - Z(C/A) - \dots - Z(N/A)] / [(n+m)]$$

Para o cálculo da função $Z(A/B)$, foi utilizada a fórmula de Jones (1981):

$$Z(A/B) = [(A/B) - (a/b)] \cdot K/s$$

em que $Z(A/B)$ = função da relação entre os nutrientes A e B da amostra; (A/B) = valor da relação entre os nutrientes A e B na amostra; a/b = valor da norma média para as relações A/B , na população de referência; K = valor constante e arbitrário (valor = 10); s = desvio-padrão dos valores da relação A/B , da população de referência; n = número de funções em que o nutriente A aparece no denominador; m = número de funções em que o nutriente A aparece no numerador.

Para obter as faixas críticas de concentração de nutrientes para a diagnose nutricional dos cafeeiros da região do Alto Vale do Jequitinhonha, foram ajustados modelos entre os índices DRIS obtidos e os teores foliares. Os modelos lineares ou logarítmicos foram ajustados por meio de análise de regressão (escolhendo-se aquele de maior R^2) entre os índices DRIS de determinado nutriente e respectivo teor foliar, usando o teor foliar como variável independente.

Os modelos ajustados foram igualados a zero para constatar que, em determinado ponto da curva, o índice DRIS é nulo, correspondendo ao teor foliar que não estaria limitando nutricionalmente à capacidade produtiva da cultura. A faixa crítica foi determinada

pelo intervalo de confiança (IC): $IC = IDRIS_{nulo} \pm \alpha \cdot S_{IDRIS}$, em que: $IDRIS_{nulo}$ é o índice DRIS nulo que se refere ao estado nutricional que não estaria limitando a produção da cultura; S_{IDRIS} = desvio-padrão da média do índice DRIS do nutriente = s/\sqrt{n} ; α é o valor de t bilateral, a 5 %, com n-1, sendo n = número total de dados.

Os teores foliares dos cafezais, nas safras de 2005 e 2006, foram submetidos à diagnose nutricional com os padrões propostos por Reuter & Robinson (1988), Malavolta (1993), Mills & Jones Júnior (1996), Malavolta et al. (1997), Martiello (1997), Martinez et al. (2003, 2004), conforme apresentado no quadro 1 e as faixas críticas obtidas neste trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Do total de 104 entradas de dados de produtividade de grãos de café (safras 2005 e 2006) das 52 lavouras cafeeiras selecionadas, foram classificados 46 no grupo de alta produtividade (≥ 30 sacas ha^{-1}) e 58 no de baixa (< 30 sacas ha^{-1}). A produtividade e os teores de N, P, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn e Zn foram diferentes estatisticamente nos grupos avaliados pela comparação de seus intervalos de confiança ($p \leq 0,01$) (Quadro 2). Todas as relações entre nutrientes calculadas no grupo de alta produtividade apresentaram distribuição normal segundo o teste de Lilliefors ($p \leq 0,01$) (Quadro 3).

O critério de escolha da relação direta ou inversa entre um par de nutrientes (ex.: P/N ou N/P) baseou-

se na razão S^2_B/S^2_A . Segundo Walworth et al. (1986); Payne et al. (1990); Hartz et al. (1998), relações com alta S^2_B/S^2_A conferem maior segurança para a diagnose nutricional. Este procedimento objetiva determinar as normas com a maior precisão preditiva, maximizando a distinção entre plantas nutricionalmente equilibradas e desequilibradas (Walworth & Sumner, 1987).

Das 110 relações entre nutrientes estudadas, 55 foram selecionadas para compor as normas DRIS (Quadro 3), sendo que 25 relações têm razões $S^2_B/S^2_A < 1,20$; e 30 possuem razões $S^2_B/S^2_A \geq 1,20$ e contêm ao menos um micronutriente (B, Mn, Zn, Cu e Fe). Verificou-se também que a maioria das relações entre nutrientes selecionados para compor as normas DRIS apresentou coeficientes de variação (CV) menor do que para o mesmo par de nutrientes na sua relação inversa (ex.: $CV K/P = 33,11 < CV P/K = 57,55$; $CV Cu/B = 27,72 < CV B/Cu = 47,83$).

Segundo Reis Jr. (1999), normas DRIS que envolvem nutrientes com alta razão S^2_B/S^2_A e baixos coeficientes de variação permitem avaliar o estado nutricional da cultura com maior segurança, de forma que o equilíbrio entre pares de nutrientes possa ser de importância para a produção. Relações de grande razão S^2_B/S^2_A e pequeno coeficiente de variação no grupo de alta produtividade indicam que a obtenção de alta produtividade estaria associada a uma pequena variação em torno da média desta relação. Conforme considerações feitas por Leite (1993), o desequilíbrio nutricional, a princípio, aparecerá, principalmente, ligado aos nutrientes que apresentaram os maiores coeficientes de variação. Assim, as normas DRIS que

Quadro 1. Faixas de suficiência para teores adequados de macro e micronutrientes em folhas de cafeeiros, segundo alguns autores

Nutriente	Autores ⁽¹⁾						
	1	2	3	4	5	6	7
Macronutrientes, dag kg^{-1}							
N	2,50–3,00	2,70–3,20	2,30–3,00	2,90–3,20	3,00–3,50	2,58–2,88	2,51–2,85
P	0,15–0,20	0,15–0,20	0,12–0,20	0,16–0,19	0,12–0,20	0,12–0,17	0,10–0,15
K	2,10–2,60	1,90–2,40	2,00–2,50	2,20–2,50	1,80–2,50	1,80–2,66	2,24–3,10
Ca	0,75–1,50	1,00–1,40	1,00–2,50	1,30–1,50	1,00–1,50	0,89–1,12	1,00–1,34
Mg	0,25–0,40	0,31–0,36	0,25–0,40	0,40–0,45	0,35–0,50	0,31–0,41	0,36–0,52
S	0,02–0,10	0,15–0,20	0,10–0,20	0,15–0,20	0,15–0,20	0,19–0,25	0,13–0,18
Micronutrientes, mg kg^{-1}							
B	40–100	59–80	40–75	50–60	40–80	38–56	44–64
Cu	16–20	8–16	10–25	11–14	10–50	14–20	26–72
Fe	70–200	90–180	70–125	100–130	100–200	48–125	94–159
Zn	15–30	8–16	12–30	15–20	10–20	7–11	13–30
Mn	50–100	120–210	50–200	80–100	50–100	71–177	77–141

⁽¹⁾ 1: Reuter & Robison (1988); 2: Malavolta (1993); 3: Mills & Jones Junior (1996); 4: Malavolta et al. (1997); 5: Martiello (1997); 6: Martinez et al. (2003); 7: Martinez et al. (2004).

envolvem nutrientes com alta razão S^2_B/S^2_A encontradas neste trabalho permitem avaliar o estado nutricional do cafeeiro em termos desses nutrientes com maior segurança (Quadro 3).

Quadro 2. Produtividade média de grãos (Prod), teores foliares médios de nutrientes, coeficientes de variação (CV) e intervalos de confiança (IC) nos grupos de alta (A) e baixa (B) produtividade de lavouras cafeeiras do Alto Vale do Jequitinhonha, MG

Variável ⁽¹⁾	A			B		
	Média	CV	IC	Média	CV	IC
		%			%	
Produtividade	53,8	28,39	49,88–57,75	17,0	46,60	14,69–19,27
N	2,57	16,29	2,46–2,68	2,87	16,41	2,73–3,00
P	0,24	50,84	0,21–0,27	0,19	15,67	0,18–0,20
K	1,76	19,61	1,67–1,84	1,71	27,60	1,58–1,85
Ca	1,47	18,39	1,40–1,54	1,21	27,62	1,11–1,30
Mg	0,37	29,72	0,34–0,40	0,39	28,70	0,36–0,42
S	0,14	53,28	0,12–0,16	0,13	38,01	0,12–0,15
B	90,28	15,48	86,69–93,88	84,99	24,35	79,01–90,97
Cu	51,80	31,58	47,59–56,01	48,47	43,76	42,34–54,60
Fe	232,65	60,53	196,41–268,89	198,73	24,94	184,41–213,05
Mn	323,73	62,69	271,50–375,96	194,17	50,59	165,78–222,55
Zn	21,08	85,05	16,47–25,69	10,50	100,64	7,45–13,56

⁽¹⁾ Produtividade expressa em sacas ha⁻¹; teores foliares de macro e micronutrientes expressos em dag kg⁻¹ e mg kg⁻¹, respectivamente.

Quadro 3. Normas DRIS para diagnose nutricional dos cafeeiros (*Coffea arabica* L.) para região do Alto Vale do Jequitinhonha, MG, e teste de Lilliefors (TL) das relações

Relação	Média	CV	TL	Relação	Média	CV	TL	Relação	Média	CV	TL
		%				%				%	
N/P	12,55	36,81	**	K/Ca	1,23	28,84	**	Mg/Fe	20,07	49,08	**
N/K	1,54	30,37	**	K/Mg	5,27	42,08	**	Mg/Mn	16,76	66,14	**
N/Ca	1,81	34,36	**	K/S	15,38	49,19	**	Mg/Zn	335,48	101,23	**
N/Mg	7,54	30,75	**	K/B	199,28	25,61	**	S/B	15,58	47,81	**
N/S	23,11	47,70	**	K/Cu	378,12	42,33	**	S/Cu	30,23	56,23	**
N/B	291,01	21,73	**	K/Fe	94,65	41,99	**	S/Fe	7,58	66,29	**
N/Cu	573,03	54,09	**	K/Mn	72,84	52,43	**	S/Mn	6,01	75,72	**
N/Fe	144,10	50,21	**	K/Zn	1.680,62	91,85	**	S/Zn	129,45	94,76	**
N/Mn	110,88	55,96	**	Ca/Mg	4,17	22,31	**	B/Cu	1,96	47,83	**
N/Zn	2.358,49	89,94	**	Ca/S	12,87	48,43	**	Fe/B	2,65	64,49	**
K/P	8,60	33,11	**	Ca/B	164,63	21,32	**	Mn/B	3,70	68,27	**
Ca/P	7,09	31,67	**	Ca/Cu	329,98	58,80	**	B/Zn	7,98	75,67	**
Mg/P	1,78	38,70	**	Ca/Fe	81,25	45,78	**	Fe/Cu	4,75	59,50	**
P/S	2,08	61,82	**	Ca/Mn	65,30	57,91	**	Mn/Cu	6,93	68,64	**
P/B	26,70	49,82	**	Ca/Zn	1.296,73	83,21	**	Cu/Zn	5,04	88,78	**
P/Cu	60,66	104,98	**	Mg/S	3,22	50,63	**	Fe/Mn	0,94	69,60	**
P/Fe	14,03	82,27	**	Mg/B	41,45	31,18	**	Fe/Zn	0,94	69,60	**
P/Mn	10,21	76,05	**	Mg/Cu	82,68	60,18	**	Mn/Zn	32,62	135,74	**
P/Zn	191,89	78,06	**								

** : significativo a 1%.

Foram ajustados modelos estatísticos entre os teores foliares dos nutrientes e os respectivos índices DRIS (Quadro 4). Todos os índices DRIS aumentaram com seus respectivos teores de nutrientes. A correlação entre produtividade e teor de nutriente na planta é uma premissa para usar a análise de planta como critério de diagnose (Malavolta et al., 1997; Martinez et al., 1999). Os índices DRIS podem ser usados para realizar a diagnose nutricional, no caso de haver uma correlação positiva entre teor de nutriente na planta e os referidos índices (Reis Jr. et al., 2002).

Analisando os modelos ajustados entre teores foliares de nutrientes e os respectivos índices DRIS, constatou-se que, em determinado ponto da curva, o índice DRIS torna-se nulo. Neste ponto, o teor foliar não estaria limitando a capacidade produtiva da cultura. O banco de dados utilizado para determinar os índices DRIS foi composto por amostras da mesma época, descartando-se o efeito da idade da planta sobre o teor foliar, permitindo que este teor, que resulta em índice DRIS nulo, seja usado para avaliar o estado nutricional da cultura, de forma semelhante ao nível crítico (Reis Jr., 1999).

O nível crítico de determinado nutriente é definido como o valor da concentração que separa a classe de deficiência da de suficiência (Bataglia et al., 1992; Bataglia & Santos, 2001). Acima do nível crítico, a probabilidade de haver aumento na produção pela adição do nutriente é pequena; abaixo, a taxa de crescimento, a produção e a qualidade diminuem significativamente (Smith, 1988). Para aumentar a flexibilidade da diagnose, considera-se uma faixa e não um único valor crítico (Lucena, 1997). A faixa de suficiência ou faixa crítica é definida como a faixa de concentração de um elemento na folha: abaixo dessa faixa a produção é limitada, e acima a adubação não é econômica (Malavolta et al., 1997; Bataglia & Santos, 2001). Dessa forma, foi proposta a metodologia descrita

para determinar a faixa crítica de cada nutriente, que estaria próxima de índice DRIS nulo, que poderia ser considerado como faixa crítica adequada (Quadro 4) do melhor estado nutricional dos cafezais do Alto Vale do Jequitinhonha, MG.

As faixas críticas de nutrientes nas folhas do cafeeiro propostas por Reuter & Robison (1988), Malavolta (1993), Mills & Jones Júnior (1996), Malavolta et al. (1997), Matiello (1997), Martinez et al. (2003, 2004) resultaram em diferentes diagnoses nutricionais das lavouras avaliadas (Quadro 5). A partir dos padrões das faixas críticas propostas por esses autores, observou-se que os maiores percentuais de lavouras avaliadas estavam deficientes em macros, N, K e S, ao contrário do que ocorre a partir das faixas críticas estabelecidas pelo DRIS para o cafeeiro do Alto Vale do Jequitinhonha (Quadro 4). O N teve teores adequados em maior porcentagem de lavouras e o P, teores deficientes.

Os teores de B, Cu, Fe e Mn apresentaram-se excessivos e os de Zn deficientes nos cafezais diagnosticados pelos padrões dos autores (Reuter & Robison, 1988; Malavolta, 1993; Mills & Jones Júnior, 1996; Malavolta et al., 1997; Matiello, 1997; Martinez et al., 2003, 2004) (Quadro 5). No entanto, para as faixas críticas estabelecidas neste trabalho, grande percentual das lavouras avaliadas apresentou-se com teores foliares deficientes, exceto para o Fe, que apresentou teores excessivos na maioria.

As comparações entre o DRIS com o nível crítico e a faixa de suficiência podem não ser satisfatórias, parecendo contraditórias, pois há autores afirmando que a interpretação da diagnose baseada no DRIS não foi satisfatória (Soltanpour et al., 1995; Baldock & Schulte, 1996), enquanto outros afirmam o inverso (Martinez et al., 1999; Partelli et al., 2006). Portanto, esses resultados demonstram a necessidade de obtenção de valores mais apropriados para a diagnose

Quadro 4. Modelos ajustados entre índices DRIS e teores foliares dos nutrientes, intervalo de confiança dos índices DRIS (IC_{IDRIS}) e, faixas críticas adequadas para diagnose nutricional dos cafeeiros (*Coffea arabica* L.) da região do Alto Vale do Jequitinhonha, MG

Nutriente	Modelo	R ²	IC _{IDRIS}	Faixa crítica ⁽¹⁾
N	IN = 13,47 - 33,59**/N	0,73	±1,45	2,25 - 2,79
P	IP = - 5,99 + 152,18**P ²	0,50	±1,18	0,18 - 0,22
K	IK = -11,55 + 6,05**K	0,56	±1,15	1,72 - 2,10
Ca	ICa = 7,59 - 10,41**/Ca	0,90	±0,70	1,26 - 1,51
Mg	IMg = -8,22 + 25,82**Mg	0,87	±0,83	0,29 - 0,35
S	IS = 1,29 - 0,2391**/S	0,40	±0,54	0,13 - 0,32
B	IB = 38,09 - 360,74**/B ^{0,5}	0,65	±1,32	83,8 - 96,3
Cu	ICu = 4,10 - 28,96**/Cu	0,75	±0,98	5,7 - 9,3
Fe	IFe = - 85,68 + 9,02**Fe ^{0,5}	0,51	±11,56	67,5 - 116,2
Mn	IMn = -8,92 + 1,56**LnMn	0,48	±0,51	219 - 422
Zn	IZn = -144,08 + 46,05**LnZn	0,80	±12,55	17,4 - 30,0

⁽¹⁾ Macronutriente em dag kg⁻¹ e micronutriente em mg kg⁻¹. **: significativo a 1 % pelo teste de t.

Quadro 5. Frequência percentual de lavouras cafeeiras do Alto Vale do Jequitinhonha (MG), que apresentaram teores foliares deficientes, adequados e excessivos de macro e micronutrientes, segundo a diagnose nutricional obtida com os padrões de vários autores

Teor foliar	Frequência										
	Macronutriente						Micronutriente				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	%										
	Reuter & Robison (1988)										
Deficiente	42	15	79	6	15	0	0	0	0	0	63
Adequado	23	52	19	50	46	27	81	0	63	4	21
Excessivo	35	33	2	44	38	73	19	100	37	96	15
	Malavolta (1993)										
Deficiente	54	15	69	13	25	75	4	0	2	37	12
Adequado	31	52	29	40	23	13	37	0	52	33	35
Excessivo	15	33	2	46	52	12	60	100	46	31	54
	Mills & Jones Junior (1996)										
Deficiente	21	0	71	13	15	27	0	0	0	4	54
Adequado	44	67	27	87	46	62	13	15	8	42	31
Excessivo	35	33	2	0	38	12	87	85	92	54	15
	Malavolta et al. (1997)										
Deficiente	64	27	71	44	61	75	0	0	4	4	63
Adequado	21	29	27	12	12	13	4	0	6	0	12
Excessivo	15	44	2	44	27	12	96	100	90	96	25
	Matiello (1997)										
Deficiente	65	0	58	14	42	75	0	0	4	4	54
Adequado	31	67	40	42	46	13	40	0	60	0	21
Excessivo	4	33	2	44	12	12	60	100	36	96	25
	Martinez et al. (2003)										
Deficiente	46	0	58	10	25	79	0	0	0	4	37
Adequado	17	31	40	19	38	11	4	0	8	35	17
Excessivo	37	69	2	71	37	10	96	100	92	61	46
	Martinez et al. (2004)										
Deficiente	42	0	85	13	48	67	0	15	2	4	60
Adequado	0	15	15	37	40	10	4	75	27	19	25
Excessivo	58	85	0	50	12	23	96	10	27	77	15
	Todos os autores anteriores										
Deficiente	48	8	70	16	33	57	1	2	2	5	52
Adequado	24	45	28	41	36	21	26	13	32	19	23
Excessivo	28	47	2	43	31	22	73	85	66	76	25
	Este trabalho										
Deficiente	21	44	52	31	19	67	52	65	0	48	73
Adequado	42	25	27	17	23	31	17	0	8	35	12
Excessivo	37	31	21	52	58	2	31	35	92	17	15

nutricional dos cafeeiros do Alto Vale do Jequitinhonha, MG. Segundo Walworth & Sumner (1987), quando as normas DRIS desenvolvidas sob um conjunto de condições forem aplicadas em outras, ou seja, usadas universalmente, a composição dos nutrientes das populações de alta produtividade dessas diferentes regiões geográficas e condições climáticas podem ser muito semelhantes.

O diagnóstico das lavouras estudadas, a partir do estabelecimento das faixas críticas deste trabalho, constatou maior percentual de lavouras deficientes em P, ao contrário da diagnose a partir dos padrões de todos os autores que encontrou maior parte de lavouras com teores excessivos (Quadro 5). A maioria das lavouras do Alto Vale do Jequitinhonha é cultivada

em solos que apresentam alta capacidade de fixação de P, e a retenção de P no solo pode ocorrer tanto pela precipitação em solução com formas iônicas de Fe e Al em pH baixo, quanto com Ca em pH elevado (Valladares et al., 2003). Borges et al. (2004), ao avaliarem o estado nutricional de lavouras cafeeiras da região do Alto Paranaíba, MG, observaram que estas estavam geralmente instaladas em solos que apresentavam alta capacidade de fixação de P devido à presença de óxidos de Fe e Al, o que, juntamente com uso de baixas doses desse elemento, explicava a ocorrência limitada deste nutriente nas lavouras amostradas nesta região.

O K apresentou maior percentual de lavouras deficientes. Este problema possivelmente está

relacionado à realização não regular de análise de solo. E como as adubações são realizadas, principalmente, com os fertilizantes formulados N-P₂O₅-K₂O (20-5-20) para café, provavelmente não estão sendo feitas de maneira satisfatória para corrigir esta limitação e proporcionar bom desenvolvimento das plantas, já que este nutriente é extraído em grande quantidade (Malavolta, 1993). A aplicação de formulado N-P₂O₅-K₂O de forma inadequada também pode ter influenciado a apresentação de lavouras deficientes em P. Resultados semelhantes ao de carência de K foram encontrados por Barbosa et al. (2006) num diagnóstico nutricional do cafeeiro arábica na região noroeste do Estado do Rio de Janeiro, onde o K, assim como Ca, B e Zn, foi o nutriente que mais apresentou-se limitante nas lavouras avaliadas.

Nesta diagnose das lavouras, observou-se grande percentual de lavouras com teores excessivos de Ca e Mg, provavelmente devido à necessidade de calagem não ser definida pela análise de solo, aplicando-se consequentemente quantidades excessivas de calcário, além do fato da calagem ser feita superficialmente a lanço e sem incorporação na fase de produção do cafeeiro (Malavolta, 1993; Matiello et al., 2002). Em culturas perenes é comum a aplicação de calcário sem considerar a profundidade efetiva em que o corretivo atuará (0–10 cm), ao se calcular a dose a ser aplicada, ocasionando dessa forma excessos nos teores de Ca e Mg, sendo o calcário a melhor forma de fornecer estes nutrientes, contrariando as recomendações de Alvarez V. & Ribeiro (1999).

Um alto percentual de lavouras apresentaram-se deficientes em S (Quadro 5), provavelmente devido ao uso de formulados de N-P₂O₅-K₂O concentrados, uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio. A substituição de sulfato de amônio por uréia, confirmada pela maior percentagem de lavouras com teores adequados a excessivos de N por todos os autores e através das faixas propostas neste trabalho, também foi constatada por Martinez et al. (2003) em cafeeiros da região da Zona da Mata.

A elevada frequência de lavouras deficientes nos micronutrientes B, Cu, Mn e Zn (Quadro 5) também foi observada neste diagnóstico pelas faixas propostas neste trabalho. Estas deficiências devem estar relacionadas à baixa concentração destes nutrientes no solo pela origem e, ou, pelos cultivos consecutivos, pois o cafeeiro extrai grande quantidade de nutrientes do solo (Matiello et al., 2002).

Estes solos são originalmente pobres quimicamente nesses micronutrientes por ser, na sua maioria, Latossolos, ou então devido ao manejo inadequado de corretivos nessas lavouras, o que proporciona a elevação do pH do solo da superfície, podendo ainda ter influenciado negativamente a disponibilidade destes micronutrientes ou ao efeito de inibições competitivas e não competitivas (Malavolta et al., 1997) com o Ca e Mg.

O alto percentual de lavouras cafeeiras com teores excessivos de Fe é devido às características dos solos, que apresentam alto teor total do elemento, que compreende, na sua maioria, as classes de Latossolo e Argissolo. Corroborando os resultados observados, à exceção do Fe, outros trabalhos realizados com cafeeiro arábica relatam deficiência nutricional de B, Cu e Mn (Martinez et al., 2003; Barbosa et al., 2006) e também de Zn, que é tido como um nutriente bastante limitante nas lavouras cafeeiras (Reis Jr. et al., 2002; Barbosa et al., 2006).

Os diversos padrões propostos na literatura resultaram em diferentes diagnoses nutricionais das lavouras cafeeiras, pois a situação nutricional dessas difere de acordo com a região e com o ano amostrado. Nesse sentido, para que se tenha diagnose precisa, é conveniente que os padrões sejam estabelecidos para cada região produtora de café.

CONCLUSÃO

1. Estabeleceram-se as normas DRIS para diagnose nutricional dos cafeeiros da região do Alto Vale do Jequitinhonha, MG, de forma que, por meio do índice DRIS obtido a partir das normas geradas, foi proposto um método para cálculo das faixas críticas adequadas de nutrientes para essa cultura na região.

2. As faixas críticas estabelecidas de nutrientes para diagnose nutricional dos cafeeiros do Alto Jequitinhonha (MG) são 2,25–2,79 dag kg⁻¹ para N; 0,18–0,22 dag kg⁻¹ para P; 1,72–2,10 dag kg⁻¹ para K; 1,26–1,51 dag kg⁻¹ para Ca; 0,29–0,35 dag kg⁻¹ para Mg; 0,13–0,32 dag kg⁻¹ para S; 83,8–96,3 mg kg⁻¹ para B; 5,7–9,3 mg kg⁻¹ para Cu; 67,5–116,2 mg kg⁻¹ para Fe; 219–422 mg kg⁻¹ para Mn e 17,4–30,0 mg kg⁻¹ para Zn.

3. Os cafezais da região em desequilíbrio apresentaram deficiência em P, K, S, B, Cu, Mn e Zn e excesso de Ca, Mg e Fe.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Prefeitura Municipal de Presidente Kubitschek, pelo apoio e pela cooperação.

LITERATURA CITADA

- ALVAREZ V., V.H. & RIBEIRO, A.C. Calagem. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H., eds. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Viçosa, MG, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.43-60.

- BALDOCK, J.O. & SCHULTE, E.E. Plant analysis with standardized scores combines DRIS and sufficiency range approaches for corn. *Agron. J.*, 88:448-456, 1996.
- BARBOSA, D.H.S.G.; VIEIRA, H.D.; PARTELLI, F.L. & SOUZA, R.M. Estabelecimento de normas DRIS e diagnóstico nutricional do cafeeiro arábica na região noroeste do Estado do Rio de Janeiro. *Ci. Rural*, 36:1717-1722, 2006.
- BATAGLIA, O.C.; DECHEN, A.R. & SANTOS, W.R. Diagnose visual e análise de plantas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., Piracicaba, 1992. Anais. Piracicaba, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.369-404.
- BATAGLIA, O.C. & SANTOS, W.R. Estado nutricional de plantas perenes: Avaliação e monitoramento. *Inf. Agron.*, 12:3-8, 2001.
- BEAUFILS, E.R. Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). Pietermaritzburg, University of Natal, 1973. 132p. (*Soil Sci. Bulletin*, 1)
- BORGES, I.B.; LANA, R.M.Q.; OLIVEIRA, S.A.; MELO, B. & BORGES, E.N. Estado nutricional de lavouras de café na região do Alto Paranaíba, MG. *J. Biosci.*, 20:197-206, 2004.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Avaliação da safra agrícola cafeeira 2007/2008. Brasília, 2007. 10p.
- CORRÊA, J.B.; REIS Jr., R.A.; CARVALHO, J.G. & GUIMARÃES, P.T.G. Avaliação da fertilidade do solo e do estado nutricional de cafeeiros do Sul de Minas Gerais. *Ci. Agrotec.*, 25:1279-1286, 2001.
- GUIMARÃES, P.T.G.; GARCIA, A.W.R.; ALVAREZ V., V.H.; PREZOTTI, L.C.; VIANA, A.S.; MIGUEL, A.E.; MALAVOLTA, E.; CORRÊA, J.B.; LOPES, A.S.; NOGUEIRA, F.D. & MONTEIRO, A.V.C. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª Aproximação. Viçosa, MG, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.289-302.
- HARTZ, T.K.; MIYAO, E.M. & VALENCIA, J.G. DRIS evaluation of the nutritional status of processing tomato. *Hortscience*, 33:830-832, 1998.
- JONES, C.A. Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analysis. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 12:785-794, 1981.
- LEITE, R.A. Avaliação do estado nutricional do cafeeiro conilon no Estado do Espírito Santo utilizando diferentes métodos de interpretação de análise foliar. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1993. 87p. (Tese de Doutorado)
- LUCENA, J.J. Methods of diagnosis of mineral nutrition of plants: A critical review. *Acta Hort.*, 448:179-192, 1997.
- MALAVOLTA, E. Nutrição mineral e adubação do cafeeiro: Colheitas econômicas máximas. São Paulo, Ceres, 1993. 210p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba, POTAFOS, 1997. 319p.
- MARTINEZ, H.E.P.; SOUZA, R.B.; ALVAREZ V., V.H.; MENEZES, J.F.S.; NEVES, Y.P.; OLIVEIRA, J.A.; ALVARENGA, A.P. & GUIMARÃES, P.T.G. Nutrição mineral, fertilidade do solo e produtividade do cafeeiro nas regiões de Patrocínio, Manhuaçu, Viçosa, São Sebastião do Paraíso e Guaxupé. Belo Horizonte, EPAMIG, 2004. 60 p. (*Boletim Técnico*, 72)
- MARTINEZ, H.E.P.; CARVALHO, J.G. & SOUZA, R.B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação. Viçosa, MG, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.143-168.
- MARTINEZ, H.E.P.; MENEZES, J.F.S.; SOUZA, R.B.; ALVAREZ V., V.H. & GUIMARÃES, P.T.G. Faixas críticas de concentrações de nutrientes e avaliação do estado nutricional de cafeeiros em quatro regiões de Minas Gerais. *Pesq. Agropec. Bras.*, 38:703-713, 2003.
- MATIELLO, J.B. Gosto do meu cafezal. Rio de Janeiro, Globo, 1997. 139p.
- MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A.W.R.; ALMEIDA, S.R. & FERNANDES, D.R. Cultura de café no Brasil: Novo manual de recomendações. Rio de Janeiro, MAPA/PROCAFÉ, 2002. 387p.
- MILLS, H.A. & JONES JUNIOR, J.B. Plant analysis handbook II. 2.ed. Athens, Micro-Macro, 1996. 422p.
- PARTELLI, F.L.; MONNERAT, P.H. & VIANA, P.A. Estabelecimento de normas DRIS em cafeeiro conilon orgânico ou convencional no estado do Espírito Santo. *R. Bras. Ci. Solo*, 30:443-451, 2006.
- PAYNE, G.G.; RECHCIGL, J.E. & STEPHENSON, R.L. Development of diagnosis and recommendation integrated system norms for bahiagrass. *Agron. J.*, 82:930-934, 1990.
- REIS Jr., R.A. Diagnose nutricional da cana-de-açúcar com o uso do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS). Campos dos Goytacazes, Universidade Estadual do Norte Fluminense, 1999. 141p. (Tese de Doutorado)
- REIS Jr., R.A.; CORRÊA, J.B.; CARVALHO, J.G. & GUIMARÃES, P.T.G. Diagnose nutricional de cafeeiros da região sul de Minas Gerais: Normas DRIS e teores foliares adequados. *R. Bras. Ci. Solo*, 26:801-808, 2002.
- REUTER, D.J. & ROBINSON, J.B. Plant analysis: An interpretation manual. Melbourne, Inkata, 1998. 218p.

- SMITH, F.W. Interpretation of plant analysis: Concepts and principles. In: REUTER, D.J. & ROBSON, J.B., eds. Plant analysis: An interpretation manual. Melbourne, Inkata, 1988. p.1-12.
- SOLTANPOUR, P.N.; MALAKOUTI, M.J. & RONAGHI, A. Comparison of DRIS and nutrient sufficient range of corn. Soil Sci. Soc. Am. J., 59:133-139, 1995.
- SUMNER, M.E. Interpretation of foliar analysis for diagnostic purposes. Agron. J., 71:343-348, 1979.
- VALLADARES, G.S.; PEREIRA, M.G. & DOS ANJOS, L.H.C. Adsorção de fósforo em solos de argila de baixa atividade. Bragantia, 62:111-118, 2003.
- WALWORTH, J.L. & SUMNER, M.E. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). Adv. Soil Sci., 6:149-188, 1987.
- WALWORTH, J.L.; SUMNER, M.E.; ISAAC, R.A. & PLANK, C.O. Preliminary DRIS norms for alfalfa in the Southeastern United States and a comparison with the Midwest norms. Agron. J., 78:1046-1052, 1986.