

DETERMINAÇÃO DE FAIXAS NORMAIS DE NUTRIENTES NO ALGODOEIRO PELOS MÉTODOS CHM, CND E DRIS⁽¹⁾

Ademar Pereira Serra⁽²⁾, Marlene Estevão Marchetti⁽³⁾, Antonio Carlos Tadeu Vitorino⁽³⁾, José Oscar Novelino⁽³⁾ & Marcos Antônio Camacho⁽⁴⁾

RESUMO

O uso de métodos de diagnoses para determinação de faixas normais de nutrientes é uma prática eficiente por ser desenvolvida em regiões específicas, não sendo extrapolada para as demais regiões. Este trabalho teve como objetivo a determinação de faixas normais de nutrientes para o algodoeiro, mediante a utilização dos métodos Chance Matemática (ChM), Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) e Diagnose da Composição Nutricional (CND). Foi realizado em lavouras comerciais de algodão, no ano agrícola de 2004/2005, no município de São Desidério (BA). Utilizaram-se como base de dados os teores totais de nutrientes de 65 amostras de folha completa e a produtividade de algodão em caroço oriundo de talhões com média de 120 ha. Para ajuste do método, a população foi dividida em duas classes: uma com produtividade acima de 4.250 kg ha⁻¹ e outra com produtividade abaixo desta. Os maiores valores de ChM para o N foram obtidos nas classes 3 e 5 (32,0 a 35,5 g kg⁻¹). Esses valores concordam com os obtidos pelos métodos DRIS (32,7 a 35,4 g kg⁻¹) e CND (32,8 a 35,4 g kg⁻¹). Os maiores valores de ChM para obtenção de produtividades maiores que 4.250 kg ha⁻¹ para o P foram observados na classe 3: entre 2,3 e 2,6 g kg⁻¹. Com relação ao K, as classes que apresentaram os maiores valores de Chance Matemática foram 14,6 a 21,2 g kg⁻¹. A utilização dos métodos DRIS, CND e ChM, em lavouras comerciais em geral, possibilitou a obtenção de menor amplitude da faixa normal dos nutrientes, em comparação com os valores obtidos pelos métodos convencionais, nível crítico e faixa de suficiência, encontrados na literatura.

Termos de indexação: nutrição mineral, diagnose nutricional, *Gossypium hirsutum*.

⁽¹⁾Artigo extraído da Tese de Mestrado apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD. Trabalho financiado pelo CNPq. Recebido para publicação em março de 2009 e aprovado em outubro de 2009.

⁽²⁾Doutorando em Produção Vegetal, Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD. Rod. MS 270, km 12, Caixa Postal 533, CEP 79804-970 Dourados (MS). E-mail: ademarserra@hotmail.com

⁽³⁾Professor(a) da Faculdade de Ciências Agrárias, UFGD. E-mail: marlenemarchetti@ufgd.edu.br/antoniovitorino@ufgd.edu.br/josenovelino@ufgd.edu.br

⁽⁴⁾Professor da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS. Rod. Aquidauana/Piraputanga, km 12, Caixa postal 25, CEP 79200-000 Aquidauana (MS).

SUMMARY: DETERMINATION OF NORMAL NUTRIENT RANGES FOR COTTON BY THE CHM, CND AND DRIS METHODS

The use of diagnosis methods for the determination of normal nutrient ranges is efficient since it is region-specific, thus not always applicable to other regions. This study aimed to determine the optimum nutrient ranges for cotton based on the Best likelihood (ChM), Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) and Compositional Nutrient Diagnosis (CND). The study was conducted in commercial cotton fields for the 2004/2005 growing season, in São Desidério, state of Bahia, Brazil. The total nutrient content of 65 whole leaf samples and seed cotton yield of plots with an average size of 120 ha were used as database. To adjust the method the population was divided into two classes, one with yield above and the other with yield below 4,250 kg ha⁻¹. The values of ChM for N were higher in Classes 3 and 5 (32.0 to 35.5 g kg⁻¹). These values agree with DRIS (32.7 to 35.4 g kg⁻¹) and CND (32.8 to above 35.4 g kg⁻¹). The values of ChM for yields > 4,250 kg ha⁻¹ for P were the highest in class 3 (2.3–2.6 g kg⁻¹). For K the classes with the higher ChM were 14.6–21.2 kg⁻¹. In general, the normal range of nutrients could be narrowed down by the use of the methods DRIS, CND and ChM in commercial fields compared to the critical levels and sufficiency ranges by conventional methods cited in the literature.

Index terms: nutrition, nutritional monitoring, Gossypium hirsutum.

INTRODUÇÃO

A interpretação dos resultados obtidos nas análises foliares é realizada comumente por meio do método do nível crítico, em que os teores de nutrientes são comparados individualmente, sem levar em consideração as relações e interações entre eles. Para que possa haver confiabilidade nas diagnoses foliares obtidas por meio da comparação com os níveis críticos, há necessidade de que as lavouras avaliadas estejam em condições similares àquelas em que os experimentos de calibração foram realizados.

No entanto, isso não está sendo constatado nas lavouras de algodão na região oeste do Estado da Bahia, pois a diagnose é realizada com níveis críticos desenvolvidos em regiões edafoclimáticas diferentes, tendo dessa forma uma diagnose precária.

Segundo Kurihara (2004), há carência de uma vasta rede de experimentos para a obtenção desses estudos de calibração. Os valores de referência obtidos pelo método do nível crítico são válidos apenas para uma limitada amplitude de condições, em que os fatores de produção foram considerados nos trabalhos de calibração.

Como uma alternativa para obter a faixa de suficiência com dados oriundos de áreas comerciais, Wadt (1996) propôs o método da Chance Matemática (ChM). Esse método consiste na classificação dos teores foliares de um dado nutriente em ordem crescente e no relacionamento destes com a produtividade obtida nos respectivos talhões onde as amostragens foram realizadas. Por meio de um

conjunto de procedimentos de cálculos, estima-se a faixa de teor do nutriente em que se espera maior probabilidade de resposta em produtividade (Urano et al., 2007).

O Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), preconizado por Beaufils (1973), incorpora o conceito de balanço nutricional ou de equilíbrio entre os nutrientes nos tecidos das plantas (Baldock & Schulte, 1996). Essa técnica baseia-se no cálculo de índices para cada nutriente, avaliados em função das razões dos teores de cada elemento com os demais, comparando-os dois a dois, com outras relações consideradas padrões, cuja composição mineral é obtida de uma população de plantas altamente produtivas.

No cálculo dos índices DRIS, quando os valores destes se aproximam do zero, há uma proximidade das relações duais das amostras com as referidas normas DRIS; com isso, infere-se que, quanto mais próximo de zero o índice, maior será o equilíbrio nutricional. Com base nesse princípio, modelos estatísticos têm sido ajustados para propor o relacionamento entre índices DRIS e teores de nutrientes no tecido vegetal em eucalipto (Wadt et al., 1998), café (Reis Jr. et al., 2002), cana-de-açúcar (Reis Jr. & Monnerat, 2003) e soja (Kurihara, 2004; Urano et al., 2006), tendo como objetivo a melhoria na interpretação dos teores foliares de nutrientes.

O método da Diagnose da Composição Nutricional (CND) foi desenvolvido por Parent & Dafir (1992), de acordo com os estudos de Aitchison (1982), concernentes à análise estatística de dados de

composição, com base na obtenção de variáveis multinutrientes (Z_i), cada uma delas ponderada pela média geométrica da composição nutricional.

Relacionando os teores foliares com os índices DRIS ou CND, é possível obter a estimativa dos valores de referência por meio de ajuste de equações de regressão, tomando-se como base o fato de que o teor ótimo corresponde ao valor do índice DRIS ou CND que representa o equilíbrio nutricional, ou seja, zero. A faixa normal é obtida pela definição de uma amplitude de desvios-padrão (s) em torno desse valor ideal, sendo esse intervalo entre $-2/3 s$ e $2/3 s$, conforme Kurihara (2004).

Este trabalho teve como objetivo a determinação de faixas normais de nutrientes para o algodoeiro, pelos métodos DRIS, CND e ChM.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado em lavouras comerciais de algodão no ano agrícola de 2004/2005, no município de São Desidério (BA), em torno das coordenadas geográficas $12^\circ 41' S$ e $45^\circ 40' W$, com altitude média de 497 m. O solo da região de estudo é um Latossolo Amarelo distrófico psamítico, franco-argilo-arenoso. A precipitação média anual encontra-se em torno de 1.700 mm. As lavouras foram conduzidas em um sistema de plantio convencional em sucessão com a cultura da soja. As variedades que compuseram a base de dados foram: Delta Opal, Delta Penta e Acala 90.

Foram utilizadas para compor a base de dados 65 amostras compostas de folhas completas (limbo + pecíolo); cada uma dessas amostras foi formada por 50 amostras simples, que foram selecionadas aleatoriamente em cada talhão comercial que apresentava uma área média de 120 ha. Coletou-se uma folha por planta, que foi retirada da quinta posição na haste principal (Malavolta, 2006) durante o período de florescimento da cultura, que compreendeu os estádios F1 a F4, segundo classificação de Marur & Ruano (2001). As amostras foram secas em estufa com circulação forçada de ar a $65^\circ C$, até peso constante, e passadas em moinho com peneira de 0,85 mm (20 mesh). A produtividade ($kg\ ha^{-1}$) de algodão em caroço foi avaliada após a colheita, que foi realizada com colhedora automotriz nos talhões.

Nas amostras de folhas foram determinados os teores totais de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, conforme método descrito em Malavolta et al. (1997). As informações utilizadas para a formação da base de dados foram os teores totais de nutrientes ($mg\ kg^{-1}$) nas folhas e a produtividade de algodão em caroço. A base de dados foi dividida em duas subpopulações: uma com produtividade acima de $4.250\ kg\ ha^{-1}$ e outra com produtividade abaixo.

No método da ChM, os teores foliares de cada nutriente foram classificados em ordem crescente e relacionados à produtividade obtida nos respectivos talhões. Em seguida, para cada nutriente, foi determinada a amplitude (A) do teor e calculado o número de classes (I) com base no tamanho da amostra (n), em que $I = n^{0,5}$. O quociente entre amplitude e número de classes resulta no comprimento de cada intervalo de classe ($IC = A/I$) (Wadt, 1996).

Calculou-se a chance matemática para cada classe de teor do nutriente em estudo, conforme Wadt (1996):

$$ChMi = \left\{ \left[P \left(\frac{Ai}{A} \right) \cdot PRODi \right] \cdot \left[P \left(\frac{Ai}{Ni} \right) \cdot PRODi \right] \right\}^{0,5}$$

em que $ChMi$ = chance matemática ($kg\ ha^{-1}$) na classe "i"; $P(Ai/A)$ = frequência de talhões de alta produtividade na classe "i", em relação ao total geral de talhões de alta produtividade ($A = \sum Ai$); $P(Ai/Ni)$ = frequência de talhões de alta produtividade na classe "i", em relação ao total de talhões da classe "i"; e $PRODi$ = produtividade média dos talhões de alta produtividade na classe "i" ($kg\ ha^{-1}$).

Os limites inferiores e superiores das classes de teor de nutrientes que apresentaram as maiores chances matemáticas foram considerados a faixa normal.

Com a utilização do DRIS, após a transformação, por função logarítmica neperiana, dos quocientes entre teores de nutrientes em uma amostra avaliada, os desvios desses, em relação aos valores médios dos mesmos quocientes, na população de alta produtividade foram então determinados de acordo com Jones (1981), em unidades de desvio-padrão (s), utilizando-se um fator de ajuste (c) = 1, conforme sugerido por Wadt et al. (1998):

$$z \left(\frac{A}{B} \right) = \left[\left(\frac{A}{B} \right) - \left(\frac{a}{b} \right) \right] \cdot \left(\frac{c}{s} \right)$$

Os índices DRIS para cada nutriente consistiram da média aritmética das relações diretas (A/B) e inversas (B/A), transformadas em variáveis normais reduzidas, de acordo com Alvarez V. & Leite (1999), em que n é o número de nutrientes envolvidos na análise:

$$IA = \frac{\left[z \left(\frac{A}{B} \right) + z \left(\frac{A}{C} \right) + z \left(\frac{A}{N} \right) + \dots - z \left(\frac{B}{A} \right) - z \left(\frac{C}{A} \right) - z \left(\frac{N}{A} \right) \right]}{2(n-1)}$$

Como valores nulos dos índices DRIS caracterizam uma condição de equilíbrio nutricional, uma vez que os valores dos índices refletem os desvios padronizados em relação aos valores de referência, podem-se estimar os teores ótimos de nutrientes por meio do ajuste de modelos estatísticos ao relacionamento entre teores foliares de nutrientes e índices DRIS, na subpopulação de alta produtividade.

A faixa normal foi obtida pela definição de uma amplitude de desvios-padrão, quando os índices DRIS

corresponderam ao seu valor nulo, sendo essa amplitude determinada pelo intervalo entre - 2/3 s e 2/3 s (Wadt et al., 1998; Reis Jr et al., 2002; Reis Jr & Monnerat, 2003; Kurihara, 2004; Urano et al., 2007).

As normas CND foram constituídas da média aritmética e do desvio-padrão das variáveis multinutrientes na população de alta produtividade, de acordo com Khiari et al. (2001). As variáveis multinutrientes (VA) consistiram do logaritmo neperiano do quociente entre a concentração de cada nutriente (A) (mg kg⁻¹) e a média geométrica das concentrações dos constituintes da massa da matéria seca (G), adaptado de Khiari et al. (2001):

$$G = (Ax Bx \dots x Cx R)^{1/(n+1)}$$

$$VA = \ln \left(\frac{A}{G} \right)$$

Os índices CND foram calculados pela diferença entre as variáveis multinutrientes no talhão avaliado (VA) e na média da população de referência (VA*), dividida pelo desvio-padrão desta variável na população de referência (SA*):

$$IA = \frac{VA - VA^*}{SA^*}$$

O limite inferior e o superior da faixa normal de concentração de nutrientes pelo método CND foram determinados de modo análogo ao utilizado pelo método DRIS (Kurihara, 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os maiores valores de ChM para o N estiveram entre as classes 3 e 5 (32,0 a 35,5 g kg⁻¹) (Quadro 1). Esses valores concordam com os obtidos pelo método DRIS (32,7 a 35,4 g kg⁻¹) e CND (32,8 a 35,4 g kg⁻¹), estando esses maiores valores de ChM próximos aos encontrados por Oliveira (2004), pela utilização do nível crítico, que foram de 35-40 g kg⁻¹.

Silva (2006) constatou que as faixas adequadas para o teor de N, obtidas por meio dos valores da ChM, foram semelhantes às das recomendações oficiais existentes. O método da ChM teve como resultado a faixa de 33 a 43 (para 4.000 kg ha⁻¹) e 33 a 45 g kg⁻¹ (para 4.500 kg ha⁻¹), sendo próximas das recomendadas, pois o nível crítico apresentado por Trani et al. (1983) e Martinez et al. (1999) é de 32 g kg⁻¹ e o teor mais elevado é o apresentado pela Fundação MT (2001): 45 g kg⁻¹.

Os maiores valores de ChM para obtenção de produtividades superiores a 4.250 kg ha⁻¹ para o P foram obtidos nos limites da classe 3, tendo a faixa de 3,4 a 4,1 g kg⁻¹ (Quadro 1). Os valores encontrados foram superiores aos indicados por Rosolem et al. (2000), que obtiveram teores foliares de P entre 2,3 e 2,6 g kg⁻¹. No entanto, a faixa normal determinada pelo método da ChM (Quadro 1) está próxima dos

resultados obtidos por Silva (2006), em cujo estudo os valores de P ficaram na faixa de 2,6 a 5,0 g kg⁻¹ para 4.000 kg ha⁻¹ de algodão em caroço.

Com relação ao K, os maiores valores de ChM foram observados nas classes 3 e 5, com faixa normal do teor de K entre 14,6 e 21,2 g kg⁻¹ (Quadro 1). A faixa normal obtida está em concordância com Silva (2006), que teve como resultado uma faixa normal de 15 a 21 g kg⁻¹, quando se trabalhou com 4.500 kg ha⁻¹ de algodão em caroço.

A faixa normal para o Ca foi obtida nas classes 4 e 6, ficando assim na faixa de 19,6 a 27,0 g kg⁻¹ (Quadro 1). Essa amplitude foi menor que as citadas por Silva (2006), Oliveira (2004), Silva & Raij (1996) e Malavolta et al. (1997). No entanto, essa menor amplitude pode ser vista como um ponto positivo em razão do maior rigor na interpretação dos resultados dos teores foliares, devido à menor faixa para a interpretação.

Assim como para os demais nutrientes, para o Mg também foram selecionadas as ChM com os maiores valores, sendo agrupadas as faixas entre 3 e 6; assim, foram obtidos valores da faixa normal entre 4,9 e 7,2 g kg⁻¹ (Quadro 1), os quais são semelhantes aos de Silva (2006).

A faixa normal para o S foi determinada pela classe 2 que apresentou maior ChM para maiores produtividades, sendo os limites dessa classe determinados como a faixa normal de teores para o S (2,7 a 3,2 g kg⁻¹) (Quadro 1). Essa amplitude de faixa foi inferior às encontradas na literatura, pois Silva (2006), ao determinar a faixa normal para o S utilizando o método ChM para 4.000 e 4.500 kg ha⁻¹, obteve 2,8 a 8,0 e 2,8 a 8,6 g kg⁻¹.

Na determinação das faixas normais para o Fe, verificou-se que a amplitude da classe foi pequena: entre 180,2 e 183,8 mg kg⁻¹ (Quadro 1), tendo sido determinada entre as classes 2 e 6. A faixa normal para o Zn foi obtida nas classes 3 e 5 (79,7 a 84,1 mg kg⁻¹) (Quadro 1). Esse intervalo foi inferior quando comparado com os valores obtidos por Silva (2006), Silva & Raij (1996), Oliveira (2004) e Yamada & Lopes (1998).

A faixa normal para o Cu esteve entre 8,8 e 10,5 mg kg⁻¹ (Quadro 1), estando dentro da faixa de 4 a 14 e 4 a 12, com ChM 4.000 e ChM 4.500 kg ha⁻¹, respectivamente; os mesmos valores foram obtidos por Silva (2006). Quanto ao Mn, as classes 2 e 7 foram as determinadas para obtenção das faixas normais, cujos valores ficaram entre 31,8 e 51,2 mg kg⁻¹ (Quadro 1).

O B é considerado o micronutriente de maior importância para a cultura do algodoeiro, razão pela qual a ele é dada a maior ênfase. A faixa normal dos teores foliares obtidos pelo método da ChM para uma produtividade acima de 4.250 kg ha⁻¹ ficou em torno de 29,4 a 34,4 mg kg⁻¹.

Quadro 1. Valores de chance matemática (ChM)⁽¹⁾ estabelecidos para diferentes classes de distribuição de teores de nutrientes em amostras de folhas de algodão coletadas na região oeste do Estado da Bahia, no ano agrícola de 2004/2005

Classe ⁽¹⁾	Ii ⁽²⁾	LSi ⁽³⁾	(PRODi) ⁽⁴⁾	P(Ai/A) ⁽⁵⁾	P(Ai/Ci) ⁽⁶⁾	ChMi ⁽⁷⁾
	g kg ⁻¹		kg ha ⁻¹			kg ha ⁻¹
				Nitrogênio		
1	29,5	30,7	4.387	0,075	0,750	1.040
2	30,8	31,9	4.387	0,125	0,556	1.156
3	32,0	33,1	4.567	0,200	0,800	1.827
4	33,2	34,3	4.500	0,150	0,545	1.287
5	34,4	35,5	4.535	0,175	0,583	1.449
6	35,6	36,7	4.477	0,150	0,500	1.226
7	36,8	37,9	4.653	0,025	0,333	425
8	38,0	39,1	4.562	0,100	1,000	1.443
				Fósforo		
1	1,8	2,6	4.513	0,850	0,694	3.466
2	2,7	3,3	4.486	0,125	0,556	1.182
3	3,4	4,1	4.317	0,025	1,000	6.830
4	4,2	4,9	0	0	0	0
5	5,0	5,6	0	0	0	0
6	5,7	6,4	0	0	0	0
7	6,5	7,1	0	0	0	0
8	7,2	7,9	0	0	0	0
				Potássio		
1	10,0	12,3	4.442	0,150	0,500	1.217
2	12,4	14,5	4.580	0,150	0,429	1.161
3	14,6	16,8	4.498	0,225	0,818	1.930
4	16,9	19,0	4.351	0,125	0,556	1.147
5	19,1	21,2	4.541	0,225	0,818	1.948
6	21,3	23,5	4.566	0,050	0,500	722
7	23,6	25,8	4.630	0,025	0,500	518
8	25,9	28,0	4.577	0,050	1,000	1.023
				Cálcio		
1	12,0	14,5	4.400	0,050	0,400	622
2	14,6	17,0	4.376	0,125	0,417	999
3	17,1	19,5	4.710	0,100	0,571	1.126
4	19,6	22,0	4.480	0,400	0,667	2.313
5	22,1	24,5	4.580	0,200	0,727	1.747
6	24,6	27,0	4.365	0,100	1,000	1.380
7	27,1	29,5	0	0	0	0
8	29,6	32,0	4.797	0,025	1,000	759
				Magnésio		
1	3,6	4,2	4.317	0,025	1,000	683
2	4,3	4,8	4.505	0,025	1,000	712
3	4,9	5,4	4.549	0,100	1,000	1.438
4	5,5	6,0	4.592	0,225	0,818	1.970
5	6,1	6,6	4.545	0,200	0,800	1.818
6	6,7	7,2	4.526	0,175	0,583	1.446
7	7,3	7,8	4.422	0,075	0,375	742
8	7,9	8,4	4.357	0,175	0,389	1.137
				Enxofre		
1	1,9	2,6	4.260	0,025	1,000	674
2	2,7	3,2	4.467	0,400	1,000	2.825
3	3,3	3,9	4.544	0,225	0,450	1.446
4	4,0	4,6	4.615	0,125	0,500	1.154
5	4,7	5,2	4.615	0,125	0,455	1.100
6	5,3	5,9	4.398	0,050	0,667	803
7	6,0	6,5	4.287	0,050	0,667	783
8	6,6	7,2	0	0	0	0

Continua...

Quadro 1. Continuação

Classe ⁽¹⁾	Ii ⁽²⁾	LSi ⁽³⁾	(PRODi) ⁽⁴⁾		P(Ai/A) ⁽⁵⁾	P(Ai/Ci) ⁽⁶⁾	ChMi ⁽⁷⁾
	g kg ⁻¹		kg ha ⁻¹				kg ha ⁻¹
				Ferro			
1	179,4	180,1	4.425		0,025	0,500	495
2	180,2	180,9	4.416		0,175	0,636	1.474
3	181,0	181,6	4.526		0,200	0,615	1.588
4	181,7	182,3	4.457		0,175	0,778	1.644
5	182,4	183,0	4.643		0,100	0,400	929
6	183,1	183,8	4.493		0,250	0,714	1.899
7	183,9	184,5	4.696		0,050	0,400	664
8	184,6	185,2	4.505		0,025	1,000	712
				Zinco			
1	76,5	78,0	4.387		0,075	0,750	1.040
2	78,1	79,6	0		0	0	0
3	79,7	81,1	4.471		0,250	0,667	1.825
4	81,2	82,6	4.547		0,450	0,720	2.588
5	82,7	84,1	4.561		0,175	0,778	1.683
6	84,2	85,7	4.256		0,050	0,250	476
7	85,8	87,2	0		0	0	0
8	87,3	88,7	0		0	0	0
				Cobre			
1	7,4	8,0	4.505		0,025	1,000	712
2	8,1	8,7	4.451		0,150	0,462	1.171
3	8,8	9,3	4.462		0,225	0,563	1.587
4	9,4	9,9	4.598		0,200	0,667	1.679
5	10,0	10,5	4.544		0,225	0,643	1.728
6	10,6	11,2	4.588		0,075	0,600	973
7	11,3	11,8	4.340		0,075	1,000	1.189
8	11,9	12,4	4.317		0,025	1,000	683
				Manganês			
1	28,4	31,7	4.403		0,150	0,400	1.079
2	31,8	34,9	4.336		0,150	0,600	1.301
3	35,0	38,2	0		0	0	0
4	38,3	41,4	4.594		0,325	0,867	2.438
5	41,5	44,7	4.520		0,150	0,600	1.356
6	44,8	47,9	4.646		0,075	1,000	1.272
7	48,0	51,2	4.504		0,100	0,800	1.274
8	51,3	54,4	4.463		0,050	0,667	815
				Boro			
1	29,4	30,1	4.554		0,100	0,800	1.288
2	30,2	30,8	4.332		0,125	0,417	989
3	30,9	31,5	4.616		0,100	0,571	1.103
4	31,6	32,3	4.594		0,125	0,714	1.373
5	32,4	33,0	4.468		0,175	0,583	1.428
6	33,1	33,7	4.462		0,200	0,727	1.702
7	33,8	34,4	4.521		0,150	0,667	1.430
8	34,5	35,1	4.734		0,025	0,500	529

⁽¹⁾ Wadt (1996). ⁽²⁾ Limite inferior da classe "i". ⁽³⁾ Limite superior da classe "i". ⁽⁴⁾ Produtividade média dos talhões de alta produtividade na classe "i". ⁽⁵⁾ Frequência de talhões de alta produtividade na classe "i" em relação ao total de talhões de alta produtividade. ⁽⁶⁾ Frequência de talhões de alta produtividade na classe "i" em relação ao total de talhões na classe "i". ⁽⁷⁾ Chance matemática na classe "i".

Foram ajustadas equações de regressão para os relacionamentos entre teores de nutrientes em folhas de algodão e índices DRIS, utilizando o aplicativo SAEG (Ribeiro Junior, 2001). Foram ajustados modelos lineares. Para o Fe e o Zn, não houve modelo que fosse significativo ($p > 0,05$); contudo, para os demais nutrientes foi possível o ajuste do modelo linear aos dados ($p < 0,01$). O coeficiente de determinação

esteve entre 0,44 para o relacionamento entre os teores de B foliar e os índices DRIS de B e 0,95 para o relacionamento entre os teores de Ca foliar e os índices DRIS de Ca (Quadro 2).

Em trabalho realizado por Urano et al. (2007), foi constatado que todos os modelos estatísticos lineares ajustados ao relacionamento entre os teores de nutrientes e os índices apresentaram significância

Quadro 2. Modelos estatísticos dos relacionamentos entre teores de nutrientes e índices DRIS⁽¹⁾ e CND⁽²⁾ em amostras de algodão coletadas na região oeste do Estado da Bahia

Nutriente	Método	Modelo estatístico	R ²
N	DRIS	$N=34,077 + 6,950I_N$	0,70**
	CND	$N=34,077 + 1,928I_N$	0,63**
P	DRIS	$P=2,350+0,841I_P$	0,90**
	CND	$P=2,350+0,362I_P$	0,89**
K	DRIS	$K=17,200+8,184I_K$	0,92**
	CND	$K=17,200+3,902I_K$	0,93**
Ca	DRIS	$Ca=21,023+8,474I_{Ca}$	0,95**
	CND	$Ca=21,023+3,608I_{Ca}$	0,94**
Mg	DRIS	$Mg=6,529+2,339I_{Mg}$	0,91**
	CND	$Mg=6,529+1,059I_{Mg}$	0,91**
S	DRIS	$S=3,784+2,166I_S$	0,93**
	CND	$S=3,784+1,050I_S$	0,94**
Fe	DRIS	$Fe=182,115+0,248I_{Fe}$	0,48 ^{ns}
	CND	$Fe=182,115+0,051I_{Fe}$	0,50 ^{ns}
Zn	DRIS	$Zn=81,515+1,884I_{Zn}$	0,45 ^{ns}
	CND	$Zn=81,515+0,081I_{Zn}$	0,40 ^{ns}
Cu	DRIS	$Cu=9,745+3,056I_{Cu}$	0,87**
	CND	$Cu=9,745+0,955I_{Cu}$	0,83**
Mn	DRIS	$Mn=40,028+14,430I_{Mn}$	0,92**
	CND	$Mn=40,028+6,405I_{Mn}$	0,92**
B	DRIS	$B=32,315+4,482I_B$	0,44**
	CND	$B=32,315+0,741I_B$	0,35**

⁽¹⁾ Calculado conforme Alvarez V. & Leite (1999), utilizando um fator de ajuste $c = 1$, Wadt et al. (1998). ⁽²⁾ Calculado conforme Khiari et al. (2001), porém com média geométrica dos constituintes da massa seca expressa em $mg\ kg^{-1}$. ** indica $p < 0,01$. ns (não significativo).

estatística ($p < 0,01$), com coeficientes de determinação variando de 0,53 para o P a 0,86 para o Zn em folhas de soja.

Quanto à determinação da faixa normal de nutrientes por meio do método CND, foram ajustados modelos estatísticos entre os teores de nutrientes em folhas de algodão e os índices CND, sendo obtido para o modelo linear o melhor ajuste com significância $p < 0,01$, exceto para os nutrientes Fe e Zn, que não apresentaram modelo significativo ($p > 0,05$) (Quadro 2). Os coeficientes de determinação, para os métodos DRIS e CND, foram similares, fato esperado devido à concordância entre eles no diagnóstico do estado nutricional de culturas, como no caso da soja (Urano et al., 2006).

As faixas normais de nutrientes determinadas pelos métodos DRIS e CND foram semelhantes, porém os resultados obtidos pelo método ChM não foram tão próximos aos desses métodos. No entanto, os três

métodos apresentaram faixas normais com amplitude menor, quando comparadas às da literatura (Quadro 3). Resultados semelhantes foram observados por

Quadro 3. Faixa normal de nutrientes em folha de algodão obtida pelos métodos da chance matemática (ChM)⁽¹⁾, DRIS⁽²⁾ e CND⁽³⁾, a partir de amostra de folhas de algodão na região oeste do Estado da Bahia. Literatura utilizada para comparação dos valores

Variável	Método	Faixa normal
		$g\ kg^{-1}$
N	Chance Matemática	32,0–35,5
	DRIS	32,7–35,4
	CND	32,8–35,4
	Literatura	35–40
P	Chance Matemática	3,4–4,1
	DRIS	2,1–2,6
	CND	2,1–2,6
	Literatura	2–4
K	Chance Matemática	14,6–21,2
	DRIS	14,6–19,8
	CND	14,6–19,8
	Literatura	15–25
Ca	Chance Matemática	19,6–27,0
	DRIS	18,6–23,4
	CND	18,6–23,4
	Literatura	20–35
Mg	Chance Matemática	4,9–7,2
	DRIS	5,8–7,2
	CND	5,8–7,2
	Literatura	3–8
S	Chance Matemática	2,7–3,2
	DRIS	3,1–4,5
	CND	3,1–4,5
	Literatura	4–8
Fe	Chance Matemática	180,2–183,8
	DRIS	182,1–182,2
	CND	182,1–182,1
	Literatura	40–250
Zn	Chance Matemática	79,7–84,1
	DRIS	81,3–81,8
	CND	81,5–81,6
	Literatura	25–200
Cu	Chance Matemática	8,8–10,5
	DRIS	9,1–10,4
	CND	9,1–10,4
	Literatura	5–25
Mn	Chance Matemática	31,8–51,2
	DRIS	35,7–44,3
	CND	35,7–44,3
	Literatura	25–300
B	Chance Matemática	29,4–34,4
	DRIS	31,7–33,0
	CND	31,8–32,8
	Literatura	30–50

⁽¹⁾ Faixa normal estimada a partir dos limites inferior e superior das classes de frequência com maiores valores de chance matemática (Wadt, 1996). ⁽²⁾ para um índice DRIS (calculado conforme Alvarez V. & Leite (1999), utilizando um fator de ajuste $c = 1$, conforme Wadt et al. (1998), e igual a zero e $\pm 2/3$ s, de acordo com Kurihara (2004), ⁽³⁾ para um índice CND (calculado conforme Khiari et al. (2001), porém com média geométrica dos componentes da massa seca (expressa em $mg\ kg^{-1}$) igual a zero e $\pm 2/3$ s, conforme Beaufils (1973), Kurihara (2004).

Urano et al. (2007), os quais, ao compararem as faixas normais dos métodos DRIS, CND e ChM para a determinação de faixas normais de nutrientes no tecido foliar da cultura da soja com as encontradas na literatura, obtiveram menor amplitude.

Dessa forma, pode-se sugerir, tal como Urano et al. (2007) e Kurihara (2004), que esses métodos apresentam maior confiabilidade por serem desenvolvidos regionalmente, com menor variabilidade das condições de solo, clima e potencial produtivo. Esses valores de referência com menores amplitudes possibilitam maior exatidão na interpretação das análises, diminuindo a possibilidade de haver lavouras de baixa produtividade com teores na faixa normal, como ocorre com as faixas de teores de referência da literatura, que apresentam maiores amplitudes.

CONCLUSÕES

1. Os métodos DRIS, CND e ChM podem ser utilizados com eficiência na determinação de valores de referência para faixas normais de teores de nutrientes na cultura do algodoeiro.

2. Com o uso de valores de referência desenvolvidos pelos métodos em estudo, foi possível obter menor amplitude das classes, em relação às faixas de referência obtidas na literatura, com a utilização de métodos convencionais, como nível crítico e faixa de suficiência.

AGRADECIMENTOS

Ao grupo MAEDA S/A Agroindustrial, pelo apoio e pela disponibilidade dos dados, e ao CNPq, pela bolsa de mestrado.

LITERATURA CITADA

- AITCHISON, J. The statistical analysis of compositional data. *J. Royal Stat. Soc.*, 44:139-177, 1982.
- ALVAREZ V., V.H. & LEITE, R.A. Fundamentos estatísticos das fórmulas usadas para cálculo dos índices DRIS. *B. Inf. Soc. Bras. Ci. Solo*, 24:20-25, 1999.
- 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.
- BEAUFILS, E.R. Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). Pietermaritzburg, University of Natal, 1973. 132p. (*Soil Science Bulletin*, 1)
- FUNDAÇÃO MT. Boletim de pesquisa de algodão. Rondonópolis, 2001. 238p.
- JONES, C.A. Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analyses. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 12:785-794, 1981.
- KHIARI, L.; PARENT, L.E. & TREMBLAY, N. Critical compositional nutrient indexes for sweet corn at early growth stage. *Agron. J.*, 93:809-814, 2001.
- KURIHARA, C.H. Demanda de nutrientes pela soja e diagnose de seu estado nutricional. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2004. 101p. (Tese de Doutorado)
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Princípios, métodos e técnicas de avaliação do estado nutricional. In: MALAVOLTA, E., ed. Avaliação do estado nutricional de plantas: Princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba, Potafos, 1997. p.115-230.
- MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Agronômica Ceres, 2006. 638p.
- 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. 5.ed. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1999. p.141-168.
- MARUR, C.J. & RUANO, O. A reference system for determination of developmental stages of upland cotton. *R. Oleag. Fibros.*, 5:313-317, 2001.
- OLIVEIRA, S.A. Análise foliar. In: SOUSA, D.M.G. & LOBATO, E. Cerrado: Correção do solo e adubação. 2.ed. Brasília, Embrapa, 2004. p.245-256.
- PARENT, L.E. & DAFIR, M. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 117:239-242, 1992.
- 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.
- REIS Jr., R.A. & MONNERAT, P.H. DRIS norms validation for sugarcane crop. *Pesq. Agropec. Bras.*, 38:379-385, 2003.
- RIBEIRO JUNIOR, J.J. Análise estatística no SAEG. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 301p.
- ROSOLEM, C.A.; GIOMMO, J.S. & LAURENTI, R.L.B. Crescimento radicular e nutrição de cultivares de algodoeiro em resposta à calagem. *Pesq. Agropec. Bras.*, 35:827-833, 2000.
- SILVA, M.A.C. Métodos de avaliação do estado nutricional para o algodoeiro no centro-oeste do Brasil. Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, 2006. 87p. (Tese de Doutorado)
- SILVA, N.M. & RAIJ, B.van. Fibrasas. In: RAIJ, B.van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C. Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1996. (Boletim Técnico, 100)
- TRANI, P.E.M.; HIROCE, R. & BATAGLIA, O.C. Análise foliar: Amostragem e interpretação. Campinas, Fundação Cargill, 1983. 18p.
- URANO, E.O.M.; KURIHARA, C.H.; MAEDA, S.; VITORINO, A.C.T.; GONÇALVES, M.C. & MARCHETTI, M.E. Avaliação do estado nutricional da soja. *Pesq. Agropec. Bras.*, 41:1421-1428, 2006.

- URANO, E.O.M.; KURIHARA, C.H.; MAEDA, S.; VITORINO, A.C.T.; GONÇALVES, M.C. & MARCHETTI, M.E. Determinação de teores ótimos de nutrientes em soja pelos métodos chance matemática, Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação e Diagnose da Composição Nutricional. R. Bras. Ci. Solo, 31:63-72, 2007.
- YAMADA, T. & LOPES, A.S. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira. Piracicaba, Potafos, 1998. p.2-8. (Encarte Técnico, 84)
- WADT, P.G.S. Os métodos da chance matemática e do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) na avaliação nutricional de plantios de eucalipto. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1996. 123p. (Tese de Doutorado)
- WADT, P.G.S.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; FONSECA, S.; BARROS, N.F. & DIAS, L.E. Três métodos de cálculo do DRIS para avaliar o potencial de resposta à adubação de árvores de eucalipto. R. Bras. Ci. Solo, 22:661-666, 1998.

