

**USO DO DRIS NA AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DA
CANA-DE-AÇÚCAR**

GABRIEL VASSÍLIOS PIPERAS

**USO DO DRIS NA AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DA
CANÁ-DE-AÇÚCAR**

GABRIEL VASSÍLIOS PIPERAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Agronomia, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Professor Dr. José Eduardo Creste

631.61
P665u

Piperas, Gabriel Vassilios.
Uso do Dris na avaliação do estado nutricional
da cana-de-açúcar / Gabriel Vassílios Piperas. –
Presidente Prudente, 2008.
27 f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) –
Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE:
Presidente Prudente – SP, 2008.
Bibliografia

1. Cana-de-açúcar - DRIS. 2. Cana-de-açúcar
– Produtividade. 3. Cana-de-açúcar – Nutrição. I.
Título.

GABRIEL VASSÍLIOS PIPERAS

**USO DO DRIS NA AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DA CANA-DE-
AÇÚCAR**

Dissertação apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Presidente Prudente, 03 de dezembro de 2008.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Eduardo Creste
Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE
Presidente Prudente - SP

Prof. Dr. Carlos Henrique dos Santos
Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE
Presidente Prudente - SP

Prof. Dr. Hélio Grassi Filho
Universidade Estadual Paulista - UNESP
Botucatu - SP

AGRADECIMENTOS

Á Deus.

Ao professor orientador Dr. José Eduardo Creste, pela sua amizade, atenção, ajuda, incentivo e pela orientação deste trabalho.

Aos Professores, funcionários e alunos do Curso de Agronomia da UNOESTE, pela amizade, apoio e pelos incentivos recebidos.

À Usina Cocal, pelo apoio na realização deste trabalho.

E a todos aqueles que, de maneira direta e indireta, contribuíram para a realização deste trabalho.

À Forquímica Agrociência Ltda, pela realização das análises de folhas pertinentes ao trabalho.

“A fé nos proporciona coragem para enfrentar o presente com confiança, e o futuro, com esperança.”

E.C. McKenzie

RESUMO

Uso do DRIS na avaliação do estado nutricional da cana-de-açúcar

O objetivo deste trabalho foi estabelecer as normas DRIS para a cultura da cana-de-açúcar em diferentes níveis de produtividade. Utilizou-se resultados da análise química de folhas para N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn com suas respectivas produtividades de 78 áreas comerciais coletadas na usina Cocal, em Paraguaçu Paulista – SP, nos meses de outubro e novembro de 2007. Utilizou-se para a formação do banco de dados a divisão em seis níveis produtivos, de 100, 110, 120, 130, 140 e 150 Mg ha⁻¹, com o estabelecimento de todas as relações binárias entre os nutrientes estudados, então calculou-se a média, o desvio padrão e a variância para cada concentração de nutriente, como também para as relações entre estes, em cada sub-população, sendo mantidas 55 relações, que apresentaram a maior razão na variância entre as sub-populações. Calculou-se o índice de cada nutriente, o IBN de cada população e o potencial de resposta á aplicação de cada nutriente. Foram encontradas diferenças significativas entre os teores de nutrientes e as produtividades das diferentes variedades utilizadas, sendo a RB 935744 a mais produtiva. As relações binárias entre nutrientes apresentaram valores distintos nas diferentes populações estudadas. O nível produtivo de 140 Mg ha⁻¹ apresentou maior correlação entre o índice de balanço nutricional e a produtividade, sendo selecionado para definição das normas DRIS. A ordem dos nutrientes que apresentaram maior potencial de resposta a adubação foi B>Mn>Cu>S.

Palavras chave: *Saccharum officinarum*, produtividade. Teor foliar de nutrientes. Avaliação nutricional.

ABSTRACT

DRIS use for evaluation of nutritional status in sugar cane crop

The objective of this work had established DRIS norms for sugarcane crop in different yields levels. Results of the chemical analysis of leaves for N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn and Zn was used, with your respective yield of 78 commercial fields collected in Cocal usin, in Paraguaçu Paulista, São Paulo state, Brazil, between October and November of 2007. For the database formation to divided in six yield levels, of 100, 110, 120, 130, 140 and 150 Mg ha⁻¹, with the establishment of all the binary relationships among the nutrients studied, then calculated the average, the standard deviation and the variance for each nutrient concentration, as well as for the relationships among these, in each sub-population, being maintained 55 relationships, the ones that presented the largest reason in the variance among the sub-populations. It was calculated the index of each nutrients, IBN of each population and the potential of answer to nutrient application. There were found significant differences between the nutrients contents and the yields to different varieties, being RB 935744 the most productive. The binary relationships among nutrients presented different values in populations studied. The yield level of 140 Mg ha⁻¹ presented higher correlation between IBN and the productivity, being selected for DRIS norms definition. The nutrient order to nutrient supply was: B>Mn>Cu>S.

Key-words: *Saccharum officinarum*, yield. Leaf nutrient content. Nutritional evaluation.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	09
2 MATERIAL E MÉTODOS	11
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
4 CONCLUSÕES	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

1 INTRODUÇÃO

O Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) foi originalmente proposto por Beaufils (1973), como o método da diagnose fisiológica que objetivou avaliar a influência de fatores climáticos na produção da seringueira.

Os dados para composição das normas DRIS podem ser oriundos tanto de experimentos de adubação como em áreas de plantios comerciais. Quando são utilizados resultados de áreas comerciais, geralmente, a distribuição dos dados não segue a distribuição normal, sendo necessária a normalização das populações, com base em suas produtividades, assim, Beaufils (1973) propôs a divisão dos dados, ou o ponto de corte, em dois subgrupos, um de alta produtividade e outro de baixa produtividade.

Os valores das concentrações e as relações entre concentrações dos nutrientes para o subgrupo mais produtivo permanecem normalmente distribuídos, e são utilizados como referência no estabelecimento dos padrões do DRIS. A média, o desvio padrão e o coeficiente de variação de cada subgrupo são calculados para todas as relações de nutrientes possíveis (BEAUFILS, 1971; BEAUFILS, 1973).

De acordo com Beaufils (1973) e com Walworth e Sumner (1987) não existem critérios específicos para dividir as duas populações. Para Letsch e Sumner (1984) a população referência deve conter pelo menos 10% do total de populações avaliadas.

No entanto, Malavolta et al. (1997) preconizam que o nível utilizado para separação das populações de alta e baixa produtividade deve corresponder a 80% da produtividade máxima. Porém nos trabalhos de Hoogerheide (2005) e Creste (1996) utilizaram-se critérios específicos para separação das populações de alta e baixa produtividade, que contemplou a população que apresentou a melhor relação entre o Índice de Balanço Nutricional (IBN) e a produtividade.

No decorrer do tempo, o DRIS sofreu algumas modificações, com o objetivo de aperfeiçoar a interpretação e o entendimento do método, como é o caso da proposta metodológica para o cálculo das funções, feitas por Jones (1981), Elwali e Gascho (1984), Letsch (1985) e Nick (1998).

Para Walworth e Sumner (1987), o DRIS é um método matemático que permite ordenar um grande número de relações binárias entre nutrientes na forma

de índices, que podem ser facilmente interpretados. Inicialmente, as normas de referência precisam ser determinadas, para todas as relações nutricionais, para serem utilizadas no cálculo dos índices.

Normas DRIS têm sido utilizadas na detecção de limitações nutricionais e no aprimoramento da interpretação dos resultados da análise foliar de várias culturas e em vários países (STALENGA, 2007; GUINDANI, 2007; ROCHA et al., 2007; URANO, 2006; SILVA, 2006; KURIHARA, 2004; REIS JÚNIOR; MONNERAT, 2003ab; REIS JÚNIOR et al., 2002; WADT et al., 1998; CRESTE, 1996; ELWALI et al., 1985).

Em cana-de-açúcar, normas DRIS foram estabelecidas por Beaufils e Sumner (1976), Elwali e Gascho (1983), Elwali e Gascho (1984), Reis Jr. e Monnerat (2002) e Reis Jr e Monnerat (2003ab). Para Elwali e Gascho (1984) o DRIS em cana-de-açúcar mostrou-se superior na avaliação e na recomendação de adubação, em relação à análise do solo e ao nível crítico, pois obteve-se uma maior produtividade com a utilização do DRIS.

Walworth et al. (1988), avaliaram duas metodologias propostas para o cálculo das normas DRIS em milho. Na primeira, o DRIS foi originado de 116 lavouras em Nova Jersey (EUA), com ponto de corte estabelecido em $18,0 \text{ Mg ha}^{-1}$, sendo que a população de alta produtividade foi composta por menos de 10% das lavouras. Já na segunda, as normas DRIS foram oriundas de várias regiões do planeta, com cerca de 8.494 populações, e nessa situação, considerou-se o ponto de corte de $7,5 \text{ Mg ha}^{-1}$, e a população de alta produtividade correspondeu à 43% do total das lavouras. Os resultados mostraram que as normas desenvolvidas a partir de um pequeno banco de dados, que refletem melhor a condição local, foram ligeiramente melhores para proporcionar aumentos de produção.

Reis Júnior e Monerat (2002) compararam as normas DRIS estabelecidas por Beaufils e Sumner (1976), Elwali e Gascho (1983) e por Reis (1999) para a cana-de-açúcar, cultivada em diferentes locais, e concluíram que existem diferenças significativas nas diferentes normas estabelecidas, mas na falta de normas DRIS locais, é válida a utilização das normas universais.

Assim, este trabalho teve por objetivo estabelecer as normas DRIS para a cultura da cana-de-açúcar cultivada na região de Paraguaçu Paulista, Estado de São Paulo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em lavouras comerciais de cana-de-açúcar pertencentes à Usina Cocal, localizada no município de Paraguaçu Paulista, SP, com a sede da Usina definida pelas seguintes coordenadas: 22°58' de latitude Sul e 48°36' de longitude Oeste, altitude média de 475 metros. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima regional é do tipo Cfa, ou clima temperado úmido com verão quente.

A maioria das lavouras estavam localizadas em áreas com predominância de solos que foram classificados, de acordo com a Embrapa (1999) como Latossolos Vermelhos distróficos, de textura média e relevo suave ondulado. De acordo com a análise química do solo, os talhões apresentaram variações nos teores de nutrientes na profundidade de 0 a 20 cm que foram de: pH (CaCl_2 0,01 mol L^{-1}) 4,9 a 6,2; 10,2 a 32,3 g dm^{-3} de MO; 14 a 38 mg dm^{-3} de P_{resina} ; 0,8 a 3,0 mmol_c dm^{-3} de K; 2,0 a 9,1 mmol_c dm^{-3} de Ca; 1,0 a 6,3 mmol_c dm^{-3} de Mg; 20,0 a 110 mmol_c dm^{-3} de CTC; saturação por bases (V) de 38 a 66%; 2,1 a 7,4 mg dm^{-3} de S; 5,0 a 17,5 mg dm^{-3} de Mn; 20 a 57 mg dm^{-3} de Fe; 0,1 a 1,1 mg dm^{-3} de Cu; 0,3 a 3,5 mg dm^{-3} de Zn; 0,1 a 0,3 mg dm^{-3} de B (Raij et al, 2001).

As áreas comerciais apresentaram tamanho médio de 100 hectares (\pm 20).

O plantio foi realizado entre março e dezembro de 2006, sendo a calagem e a adubação realizadas de acordo com a necessidade de cada área, baseando-se na recomendação de Raij e Cantarella (1997), sendo utilizado a saturação por bases de 60%.

O presente trabalho foi desenvolvido tomando-se os resultados de análise química de folhas (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn) de cana-de-açúcar, obtidos junto às diferentes áreas de produção da usina Cocal.

Foram coletadas amostras foliares de 120 talhões, e após modelagem dos dados utilizou-se 78 amostras para formação do banco de dados, em uma área de aproximadamente 10 mil hectares. Nessas áreas predominaram os cultivares de cana 'RB72454', 'RB845210', 'RB935744' e 'SP813250', cujas características estão descritas no quadro 1. A época de amostragem variou de outubro a novembro de 2007, com a coleta da porção central, sem a nervura, da folha +3 num total de

aproximadamente 40 folhas por talhão, sendo então secas em estufa de circulação forçada de ar e enviadas ao laboratório, sendo então analisadas conforme metodologia de análise indicada por Malavolta et al. (1997). Os dados referentes à produção originalmente foram apresentados toneladas por hectare, sendo obtidos após a colheita da cana-de-açúcar, que variou de outubro de 2007 a janeiro de 2008.

QUADRO 1 - Características agro-industriais das variedades mais plantadas nas áreas da Usina Cocal, Paraguaçu Paulista – SP

Característica	Variedade			
	RB72454	RB845210	RB 935744	SP813250
Produtividade Cana planta	Alta	Boa	Alta	Alta
Produtividade Cana soca	Alta	Boa	Boa	-
Exigência em solos	Baixa	Baixa	-	Média
Florescimento	Pouco	Ausente	Ausente	Médio
Maturação	Tardia	Precoce	Tardia	Média
Teor de sacarose	Alto	Alto	-	Alto

O manejo fitossanitário da cultura, nas diferentes áreas, foi realizado de acordo com as necessidades da lavoura, incluindo monitoramento de pragas e doenças, controle químico de plantas daninhas, aplicações de inseticidas e fungicidas, cujas recomendações basearam-se em Lorenzi (2000), Gallo et al., (2002) e Andrei (2005).

Para a formação do banco de dados, o conjunto de dados foi dividido em seis níveis produtivos, de 100, 110, 120, 130, 140 e 150 Mg ha⁻¹. Então, separou-se cada nível produtivo em duas sub-populações, a de alta produtividade (A) e a de baixa produtividade (B). Assim, tem-se no nível 150, a sub-população A com produções iguais ou superiores a 150,0 Mg ha⁻¹ e sub-população B, com produções abaixo de 150,0 Mg ha⁻¹.

Feito isso, estabeleceram-se todas as relações binárias possíveis entre os nutrientes estudados, num total de 110 relações ($n(n-1)$), onde n representa o número de nutrientes estudados, então calculou-se a média (\bar{X}_A e \bar{X}_B), o desvio padrão (Sd_A e Sd_B), a variância (S^2_A e S^2_B) para cada concentração de nutriente, como também para as relações entre estes, em cada sub-população, de acordo com Gomes (1981). Das 110 relações, foram escolhidas 55, sendo conservadas àquelas que apresentaram a maior razão na variância entre as sub-populações (VB/VA) (WALWORTH; SUMNER, 1987).

Para o cálculo da relação normal reduzida dos teores de dois nutrientes, utilizou-se o método de Jones (1981), onde: $f(A/B) = [(A/B) - (a/b)/s].K$, em que $f(A/B)$ é a função calculada da relação de nutrientes A e B; A/B é a relação de nutrientes da amostra a ser diagnosticada; a/b e s são a média e o desvio-padrão das relações A/B de nutrientes da população utilizada para definir as normas; e K é a constante de sensibilidade que, neste trabalho, foi igual a 1.

O índice DRIS de um nutriente representa a média aritmética dos quocientes do teor de determinado nutriente com os teores dos demais nutrientes, onde: $\text{Índice } A = \{[f(A/B) + f(A/C) + \dots + f(A/N)]\}/n$, em que n é o número de relações em que o nutriente em estudo aparece, sendo o sinal negativo utilizado quando o nutriente em estudo encontra-se no denominador e o sinal positivo quando no numerador. O índice de balanço nutricional – IBN consiste no somatório, em módulo, de todos os índices envolvidos e foi obtido pela seguinte expressão (SUMNER, 1977):

$$IBN = [\text{índice } A] + [\text{índice } B] + \dots + [\text{índice } N].$$

Os índices DRIS foram interpretados pelo potencial de resposta à adubação, de acordo com Wadt (1996), sendo classificados como negativo (quando $|I_{Nut}| > IBNm$ e $I_{Nut} > 0$), positivo (quando $|I_{Nut}| > IBNm$ e $I_{Nut} < 0$) e neutro, em que $IBNm = IBN/z$; I_{Nut} é o índice DRIS para o nutriente estudado; $IBNm$ é o índice de balanço nutricional médio e z é o número de nutrientes avaliados que nesse estudo foi igual a 11.

Para a análise estatística utilizou-se o teste F e as médias foram comparadas pelo teste t ao nível máximo de probabilidade de 5%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As diferenças encontradas na composição mineral das folhas influenciadas pelas variedades são apresentadas na Tabela 1 para os macronutrientes, micronutrientes e para a produtividade.

A variedade mais produtiva entre as estudadas foi a RB 935744, com média de 125,94 Mg ha⁻¹. Pode-se verificar que nessa variedade, o teor da maioria dos nutrientes como o N, P, Ca, Mg, S, Cu e Zn foi maior em relação aos teores das demais.

TABELA 1 - Variações nos teores de macronutrientes e micronutrientes e da produtividade em função da variedade

Variedade	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹					Produção Mg ha ⁻¹	
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn		
RB72454	13,5	b 1,87	b 12,8	b 2,54	b 1,48	b 1,02	b 6,55	4,24	b 103,9	b 58,6	ab 16,69	b 94,27	ab
RB845210	14,2	b 2,07	b 15,7	ab 2,75	b 1,85	b 1,09	b 7,55	3,52	b 117,5	b 85,5	a 18,03	b 82,91	b
RB935744	16,5	a 2,55	a 16,8	a 5,45	a 3,55	a 2,15	a 7,49	9,10	a 141,1	a 89,2	a 32,45	a 125,94	a
SP81-3250	14,2	b 1,73	b 17,3	a 2,06	b 0,86	c 0,85	b 7,48	4,16	b 153,8	a 33,6	b 16,03	b 109,4	ab
Análise Var.	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Produção	
	(F calculado)												
Variedade	3,8**	5,74**	9,19**	16,74**	37,9**	5,45**	3,35 ^{ns}	13,02**	36,4**	11,42**	16,74**	2,84*	
CV (%)	10,2	17,4	21,95	25,50	26,50	42,40	19,20	29,1	14,01	45,8	18,46	32,74	
Dms	1,59	0,37	3,59	0,73	0,44	0,48	1,51	1,36	18,70	31,3	3,58	35,07	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste t. ns: não significativo. * e **, : significativo á 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Apesar da variedade RB 935744 apresentar maiores teores de nutrientes na diagnose foliar que as demais variedades, esta, apresentou teores de N e de B inferior aos teores indicados como adequados por Raij e Cantarella (1997) e por Malavolta et al. (1997).

Alguns trabalhos têm demonstrado diferenças nos teores foliares de nutrientes em função das diferenças varietais. De acordo com as premissas relatadas por Beaufils (1973) Walworth e Sumner (1987), o DRIS é menos sensível a estas variações, fato este bastante interessante em situações de diagnose nutricional, principalmente quando estão envolvidos diferentes materiais genéticos.

Os valores médios de macronutrientes e de micronutrientes encontrados em todos os diferentes níveis produtivos, tanto para a sub-população de alta produção (A) como a de baixa produção (B) encontram-se na Tabela 2.

TABELA 2 - Valores médios de macro e micronutrientes em folhas de cana-de-açúcar em função do ponto de corte escolhido para a diferenciação das sub-populações de alta produção (A) e de baixa produção (B)

Produtividade (Mg ha ⁻¹)	Sub- população	-----g kg ⁻¹ -----						-----mg kg ⁻¹ -----				
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
150	A	14,70	2,05	15,70	2,85	1,60	1,03	8,66	4,33	131,85	71,80	17,83
	B	13,87	1,90	14,53	2,55	1,49	1,03	6,95	4,15	118,52	60,24	17,26
140	A	15,33	2,04	17,99	2,84	1,41	1,07	7,96	4,19	142,63	55,63	18,91
	B	13,77	1,90	14,25	2,53	1,50	1,02	6,95	4,16	116,89	61,34	17,13
130	A	14,87	1,90	14,78	2,53	1,43	0,88	7,11	4,70	125,05	54,98	17,29
	B	13,58	1,91	14,52	2,57	1,51	1,08	7,01	3,98	117,18	62,85	17,29
120	A	14,86	1,93	14,98	2,73	1,56	0,98	7,12	5,03	125,30	56,37	18,42
	B	13,49	1,90	14,42	2,49	1,46	1,05	7,00	3,78	116,49	62,81	16,79
110	A	14,61	1,92	15,15	2,71	1,53	1,04	7,02	4,67	123,49	54,90	18,19
	B	13,50	1,90	14,26	2,48	1,47	1,02	7,05	3,86	116,67	64,34	16,76
100	A	14,54	1,95	15,45	2,70	1,50	1,07	6,91	4,61	123,06	53,68	18,26
	B	13,50	1,89	14,02	2,47	1,49	1,00	7,12	3,87	116,66	65,54	16,65

De acordo com as normas DRIS propostas por Reis Jr e Monerat (2003a) em 126 lavouras de cana-de-açúcar, houve relação positiva e significativa entre os teores foliares e índices DRIS, e os teores foliares adequados em populações de alta produtividade foram de 13,4 g kg⁻¹ de N; 1,91 g kg⁻¹ de P; 12,2 g kg⁻¹ de K; 2,99 g kg⁻¹ de Ca; 2,15 g kg⁻¹ de Mg; 1,61 g kg⁻¹ de S; 4,48 mg kg⁻¹ de Cu; 67,8 mg kg⁻¹ de Mn e 11,7 mg kg⁻¹ de Zn. Os autores concluíram que as normas desenvolvidas foram importantes na detecção e na correção de desequilíbrios nutricionais e no aumento da produtividade da cana-de-açúcar.

Uma vez calculados todos os valores foliares médios, para todos os nutrientes em estudo, em função dos diferentes níveis produtivos, realizou-se o diagnóstico dos dados gerais existentes utilizando-se o método DRIS preliminar, com o propósito de se verificar a concordância dos resultados obtidos pelas diferentes metodologias de definição do nível de corte. Estes cálculos envolveram os

valores médios para a sub-população de alta produtividade (A), realizando-se a primeira utilização das normas desenvolvidas considerando-se os padrões presentes na Tabela 2, independentemente da variedade, sendo utilizada a fórmula de cálculo das funções intermediárias proposta por Jones (1981), com a inclusão no diagnóstico do índice da matéria seca (IMS), proposto por Hallmarck et al. (1987).

No entanto, ao observarmos a Tabela 3, verifica-se que existe uma grande diferença nos teores foliares das populações mais produtivas para as menos produtivas, especialmente nos teores de N e K. Resultados semelhantes foram observados por Reis Júnior e Monerat (2003b), onde foram verificadas diferenças significativas entre os teores foliares de nutrientes e as razões entre os nutrientes selecionados como normas DRIS das populações de alta e baixa produtividade.

Analisando-se os resultados apresentados na Tabela 4 verificam-se diferenças nos diagnósticos proporcionados pelo DRIS através de normas diferentes, originadas dos níveis produtivos de 150 e 140 Mg ha⁻¹.

Sumner (1990) revisou a metodologia DRIS e salientou que deve-se ter em mente que os índices somente classificam os nutrientes numa ordem relativa, da qual não se pode automaticamente inferir que qualquer nutriente em particular é deficiente, mas somente que ele é insuficiente relativamente aos outros nutrientes. Entretanto, mesmo se um índice seja mais negativo, uma resposta em produtividade pode não ser obtida necessariamente, pois pode haver outro fator mais limitante. De acordo com Sumner (1990), quando corretamente utilizado, tanto o método tradicional quanto o DRIS podem ser eficientes e úteis no fornecimento de informações que auxiliem o diagnóstico nutricional da cultura.

TABELA 3 - Resultados da análise química de folhas utilizadas para o teste das normas desenvolvidas, segundo os diferentes critérios

Amostra	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Produção
	-----g kg ⁻¹ -----'						-----mg kg ⁻¹ -----'					Mg ha ⁻¹
1	15,1	2,1	17,4	3,2	1,3	1,3	8,0	4,0	193,0	47,0	17,0	161,0
2	14,3	1,9	11,6	3,5	2,2	0,8	10,0	5,0	129,0	97,0	20,0	159,0
3	16,2	2,2	17,6	2,7	1,5	1,0	10,0	4,0	98,0	62,0	18,0	153,0
4	13,2	2,0	16,2	2,0	1,4	1,0	7,0	4,0	108,0	82,0	16,0	153,0
5	15,1	1,8	18,7	1,3	0,8	0,7	6,0	4,0	138,0	30,0	16,0	133,0
6	14,6	1,8	16,3	2,4	0,8	1,1	6,0	4,0	163,0	23,0	17,0	131,0
7	14,6	1,5	14,7	2,1	0,9	0,7	10,0	5,0	150,0	51,0	15,0	131,0
8	12,6	2,0	16,6	1,7	1,6	0,7	6,0	5,0	107,0	85,0	20,0	131,0
9	13,4	1,9	13,2	3,2	1,2	1,5	8,0	3,0	94,0	51,0	17,0	116,0
10	15,1	2,0	18,8	2,7	1,6	1,6	6,0	3,0	112,0	27,0	18,0	115,0
11	14,0	1,9	13,8	2,6	1,6	1,2	7,0	3,0	133,0	59,0	18,0	114,0
12	12,6	2,0	16,3	2,7	1,9	1,7	6,0	3,0	116,0	85,0	18,0	114,0
13	13,2	1,9	15,6	2,6	1,4	0,5	6,0	5,0	101,0	66,0	18,0	87,0
14	15,4	1,8	10,8	2,6	1,5	1,2	6,0	6,0	95,0	81,0	14,0	87,0
15	14,6	1,5	16,3	1,5	0,7	0,9	9,0	5,0	168,0	40,0	14,0	84,0
16	13,2	1,8	12,2	2,0	1,5	1,1	7,0	4,0	131,0	116,0	20,0	84,0
17	14,3	1,7	13,3	1,8	1,5	1,2	7,0	4,0	102,0	40,0	17,0	77,0
18	11,8	1,6	10,4	1,8	1,0	0,5	7,0	4,0	83,0	52,0	14,0	77,0
19	14,3	2,1	12,4	2,1	1,9	0,5	7,0	6,0	97,0	31,0	11,0	77,0
20	12,6	1,9	12,5	2,8	1,2	1,4	5,0	2,0	100,0	41,0	17,0	75,0

Conforme relatado anteriormente, observa-se na Tabela 4 que em diferentes níveis produtivos, o diagnóstico nutricional pode variar, como por exemplo a amostra 7, que no nível produtivo de 150 Mg ha⁻¹ apresentou o magnésio (Mg) como nutriente mais deficiente, no entanto a mesma população quando selecionada no nível de 140 Mg ha⁻¹, o P passou a ser o nutriente mais deficiente.

TABELA 4 - Diagnóstico nutricional de cana-de-açúcar segundo as normas desenvolvidas para produtividades acima de 150 e de 140 Mg ha⁻¹

Produtividade Mg ha ⁻¹	Amostra	IN	IP	IK	ICa	IMg	IS	IB	ICu	IFe	IMn	IZn	IMS	IBN	Deficiente	Excessivo
150	1	0,1	0,1	0,4	0,6	-0,8	1,0	-0,5	-0,6	1,3	-1,2	-0,2	-0,1	6,8	Mn	Fe
140	1	-0,3	0,0	-0,1	0,4	-0,3	0,6	-0,1	-0,3	1,0	-0,4	-0,6	-0,1	4,2	Zn	Fe
150	2	-0,4	-0,7	-1,2	0,6	1,1	-1,0	0,3	0,5	-0,1	0,8	0,3	-0,3	7,2	K	Mg
140	2	-0,6	-0,6	-1,5	0,8	1,3	-1,1	0,6	0,4	-0,4	1,3	0,1	-0,2	8,9	K	Mn/Mg
150	3	0,5	0,3	0,5	-0,1	-0,2	-0,2	0,8	-0,3	-0,8	-0,3	0,1	-0,2	4,3	Fe	B
140	3	0,3	0,4	0,1	-0,1	0,2	-0,1	0,8	-0,1	-1,3	0,1	-0,1	-0,1	3,6	Fe	B
150	4	-0,3	0,3	0,3	-1,1	-0,1	0,2	-0,6	0,4	-0,3	0,8	-0,2	0,5	5,1	Ca	Mn
140	4	-0,4	0,3	0,1	-1,0	0,2	0,2	-0,2	0,3	-0,6	1,2	-0,4	0,5	5,2	Ca	Mn
150	5	2,1	0,2	1,9	-2,8	-2,5	-1,0	-0,8	1,5	1,2	-2,2	1,0	1,1	18,1	Ca	N
140	5	1,1	0,1	0,8	-2,2	-0,9	-0,6	-0,2	0,7	0,6	-0,7	0,3	0,9	9,0	Ca	N
150	6	1,3	-0,1	1,0	0,1	-2,7	1,0	-1,1	1,2	1,3	-3,8	1,1	0,8	15,4	Mn	N
140	6	0,3	-0,3	0,2	-0,1	-1,0	0,5	-0,3	0,4	0,9	-1,1	-0,1	0,7	5,9	Mn	Fé
150	7	1,2	-1,8	0,3	-0,7	-2,3	-1,2	1,4	2,0	1,1	-0,5	-0,4	0,8	13,7	Mg	Cu
140	7	0,5	-1,4	-0,1	-0,5	-0,9	-0,9	1,2	0,9	0,7	0,1	-0,4	0,8	8,3	P	B
150	8	-0,6	0,5	0,5	-1,9	0,5	-1,2	-1,6	0,8	-0,3	0,8	1,7	0,4	10,9	Ca	Zn
140	8	-0,7	0,4	0,2	-1,7	0,7	-1,0	-0,6	0,7	-0,6	1,4	0,9	0,5	9,4	Ca	Mn
150	9	-0,1	0,0	-0,5	1,0	-0,7	2,4	0,0	-1,8	-0,7	-0,6	0,5	0,6	9,0	Cu	S
140	9	-0,4	0,1	-0,7	0,8	-0,2	1,8	0,3	-0,8	-1,2	0,0	-0,2	0,5	7,0	Fe	S
150	10	1,0	0,3	1,5	0,4	1,2	2,7	-1,5	-2,7	-0,2	-3,8	1,1	0,4	16,9	Mn	S
140	10	0,2	0,2	0,4	0,0	0,7	1,9	-0,4	-1,2	-0,6	-1,0	-0,2	0,3	7,1	Cu	S
150	11	0,1	-0,2	-0,3	0,0	0,5	1,1	-0,5	-1,8	0,3	-0,3	0,9	0,5	6,5	Cu	S
140	11	-0,2	-0,2	-0,6	-0,1	0,6	0,7	0,0	-0,9	0,0	0,2	0,0	0,4	3,9	Cu	S
150	12	-0,7	0,3	0,4	0,1	1,2	2,9	-2,3	-4,0	-0,3	0,8	1,5	0,3	14,8	Cu	S
140	12	-1,1	0,2	-0,2	-0,2	1,3	2,2	-0,9	-2,1	-0,7	1,3	-0,1	0,2	10,5	Cu	S
150	13	0,1	0,4	0,5	0,2	-0,1	-2,5	-2,3	2,0	-0,3	0,2	0,9	0,7	10,2	S	Cu
140	13	-0,3	0,3	0,1	0,3	0,3	-2,0	-0,9	1,3	-0,7	0,7	0,3	0,6	7,9	S	Cu
150	14	1,2	-0,6	-1,6	0,1	0,0	1,4	-2,0	2,5	-0,8	0,7	-1,3	0,4	12,5	B	Cu
140	14	0,6	-0,4	-1,5	0,0	0,4	0,9	-0,9	1,7	-1,2	1,1	-1,2	0,4	10,4	Zn	Cu
150	15	1,6	-1,7	0,9	-2,2	-3,8	0,1	1,1	2,6	1,8	-1,2	-0,5	0,9	18,3	Mg	Cu
140	15	0,7	-1,2	0,3	-1,7	-1,4	0,1	0,9	1,1	1,1	-0,3	-0,6	0,9	10,3	Ca	Cu/Fe
150	16	-0,3	-0,6	-1,0	-1,2	0,0	0,7	-0,9	-0,5	0,2	1,6	1,5	0,4	8,9	Ca	Mn
140	16	-0,5	-0,5	-1,1	-1,3	0,2	0,4	-0,3	-0,2	0,0	2,5	0,5	0,4	8,0	Ca	Mn
150	17	0,8	-0,7	-0,4	-1,4	0,7	1,5	-0,1	0,0	-0,3	-1,5	0,5	0,9	8,8	Mn	S
140	17	0,5	-0,5	-0,4	-1,3	0,7	1,1	0,2	0,1	-0,6	-0,4	0,1	0,8	6,8	Ca	S
150	18	0,4	0,1	-0,5	-0,6	-0,9	-1,8	0,2	1,7	-0,4	0,0	0,0	1,8	8,4	S	Cu
140	18	0,1	0,1	-0,7	-0,5	-0,2	-1,4	0,4	1,1	-0,8	0,5	0,0	1,5	7,1	S	Cu
150	19	1,4	1,8	-0,2	-0,5	2,0	-2,4	-0,2	3,1	-0,2	-2,9	-2,9	0,9	18,5	Mn/Zn	Cu
140	19	0,5	1,4	-0,5	-0,4	1,8	-1,9	0,1	1,9	-0,6	-0,8	-2,2	0,7	12,9	Zn	Cu
150	20	0,2	0,8	-0,2	1,0	-0,1	2,6	-1,9	-3,3	-0,3	-1,1	1,6	1,1	14,3	B	S
140	20	-0,4	0,5	-0,6	0,6	0,1	1,8	-0,6	-1,4	-0,7	-0,2	0,0	0,9	7,8	Cu	S

Ruíz-Bello e Cajuste (2002) utilizaram os índices DRIS para avaliação do estado nutricional da cana-de-açúcar cultivada em casa de vegetação, em duas épocas e em dois locais submetida à aplicação de diferentes doses de N-P-K, e concluíram que o método DRIS foi útil na detecção de uma deficiência oculta. Os mesmos autores verificaram que quando os índices DRIS dos nutrientes foram comparados com os níveis críticos dos nutrientes, a variação encontrada nos diferentes valores em cana-de-açúcar foi minimizada.

Segundo Beaufils (1973) não existe uma metodologia definida para a definição do nível de corte entre as 2 sub-populações, sendo que o mais importante é a validade dos resultados finais obtidos. Com base nesta afirmação e revendo-se um dos conceitos básicos do DRIS, no que diz respeito ao Índice de Balanço Nutricional (IBN), procurou-se utilizar este fator no auxílio da definição das normas que alicerçarão todo o trabalho de diagnose nutricional.

O IBN como já mencionado é o somatório dos valores absolutos de todos os índices nutricionais envolvidos no diagnóstico e por definição seus valores estão correlacionados negativamente com a produção. Com base nesta hipótese, formulou-se a Tabela 5, onde é apresentado, para cada uma das amostras existentes, diagnosticadas pelos diferentes critérios o valor de seu respectivo IBN, segundo o critério adotado, a produção e o coeficiente de correlação calculado entre IBN e a produção. Observa-se que o maior coeficiente de correlação (r) entre o IBN e o nível produtivo obtido foi no nível de 140 Mg ha^{-1} , que foi de $-0,46$, razão pela qual esse nível foi utilizado para definição das normas no presente trabalho.

A importância da relação negativa encontrada entre os valores do IBN com os valores das produções obtidas pode ser entendida pela definição relatada em Beaufils (1973), onde mostra que situações ótimas de nutrição não necessariamente traduzem-se em altas produtividades, pois outros fatores podem estar afetando a produção, porém em situações de deficiência ou excesso (desequilíbrio nutricional), decididamente não se pode obter altas produtividades.

TABELA 5 - Coeficientes de correlação calculados entre o IBN e a produção, segundo os diferentes critérios adotados

Amostra	IBN						Produção (Mg ha ⁻¹)
	150	140	130	120	110	100	
1	6,8	4,2	6,8	6	5,5	5,5	161,0
2	7,2	8,9	8,3	6,9	7,4	7,8	159,0
3	4,3	3,6	4,7	4,3	4,1	4,2	153,0
4	5,1	5,2	5,3	4,9	4,3	4,3	153,0
5	18,1	9	6,9	7,3	7,5	7,4	133,0
6	15,4	5,9	5,8	5,4	5,1	5	131,0
7	13,7	8,3	6,1	6	6,6	6,8	131,0
8	10,9	9,4	6,7	6,3	6,9	6,8	131,0
9	9	7	8	6,3	5,4	5,4	116,0
10	16,9	7,1	8,8	7,7	6,4	6,2	115,0
11	6,5	3,9	4	3,6	2,9	3	114,0
12	14,8	10,5	11,4	9,5	7,7	7,5	114,0
13	10,2	7,9	5,6	4,9	5,6	5,6	87,0
14	12,5	10,4	7,2	6,5	6,4	6,5	87,0
15	18,3	10,3	8,7	9,1	9,2	9,3	84,0
16	8,9	8	7,4	7	6,4	6,5	84,0
17	8,8	6,8	5,9	5,2	4,7	4,7	77,0
18	8,4	7,1	5,6	5	5,7	5,9	77,0
19	18,5	12,9	8,4	8,5	9,1	9,5	77,0
20	14,3	7,8	8,7	6,9	5,9	5,7	75,0
r	-0,38	-0,46	-0,24	-0,23	-0,24	-0,23	

Com base nos valores encontrados para o IBN e também com as produções obtidas, considerando-se normas desenvolvidas para níveis produtivos acima de 80 Mg ha⁻¹, estabeleceu-se uma equação de regressão linear que representa as relações negativas entre IBN e a produção de cana (Figura 1).

Observa-se na figura, que conforme aumenta-se o IBN, ocorre diminuição da produtividade. Esses resultados corroboram com os postulados de Beaufile (1973), um dos precursores do método DRIS. Este autor menciona que conforme maior o IBN, a tendência é que a produtividade diminua em função dos altos níveis de desbalanços nutricionais.

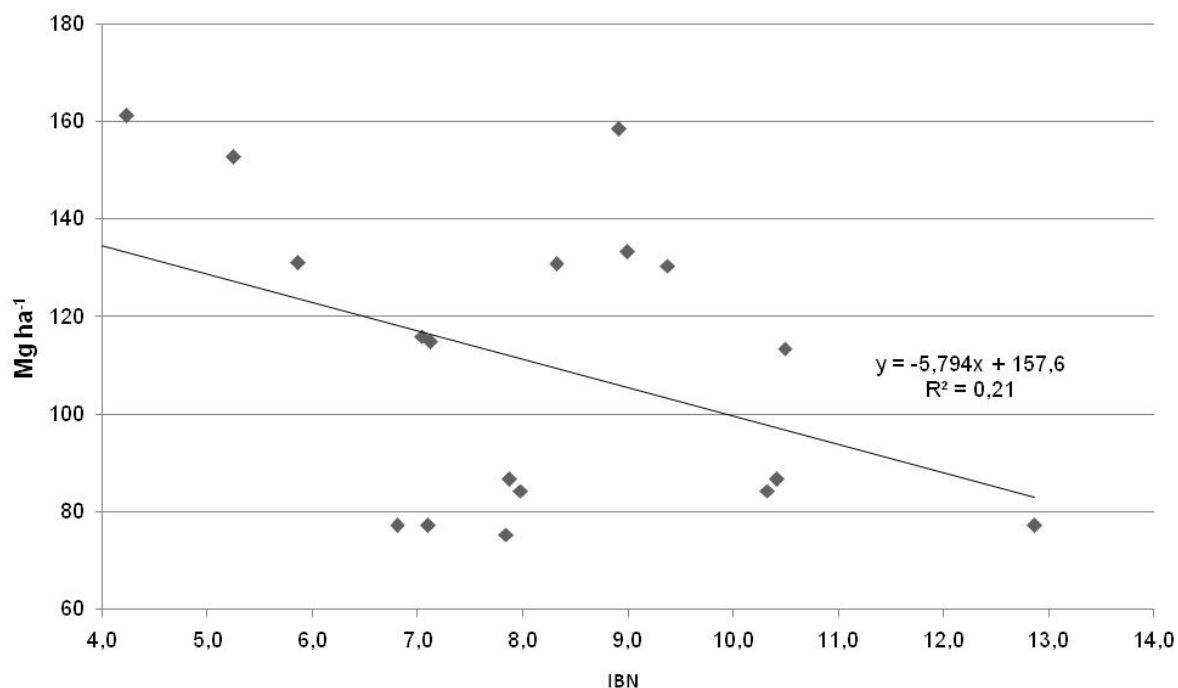


FIGURA 1 - Relação entre o IBN e a produtividade de cana-de-açúcar

A Figura 2 mostra o potencial de resposta a aplicação dos nutrientes em todas as populações estudadas. Os nutrientes que apresentaram maior potencial de resposta à adubação (potencial positivo) foram o B>Mn>Cu>S, e isso confirma os resultados apresentados na Tabela 4, onde observa-se que o B foi um dos nutrientes mais deficientes e que apresentou índices negativos, portanto com potencial de resposta à adubação. A deficiência de B nos solos brasileiros está associada aos baixos teores de matéria orgânica do solo, sendo esta a principal fonte de B às plantas (ABREU, et al., 2007).

Já para os nutrientes que mais se apresentaram em excesso, com potencial negativo à adubação com esses nutrientes, foram o Cu>Zn>S>N. No caso do Cu e do Zn, cerca de 1/3 da população amostrada mostraram excessos relativos aos outros nutrientes. O S aparece entre os nutrientes com potencial positivo e também com potencial negativo à aplicação de nutrientes, isso porque aproximadamente 1/3 da população mostrou-se em equilíbrio (potencial neutro), 1/3 apresentou potencial positivo e 1/3 da população teve potencial negativo de resposta à adubação com esse nutriente.

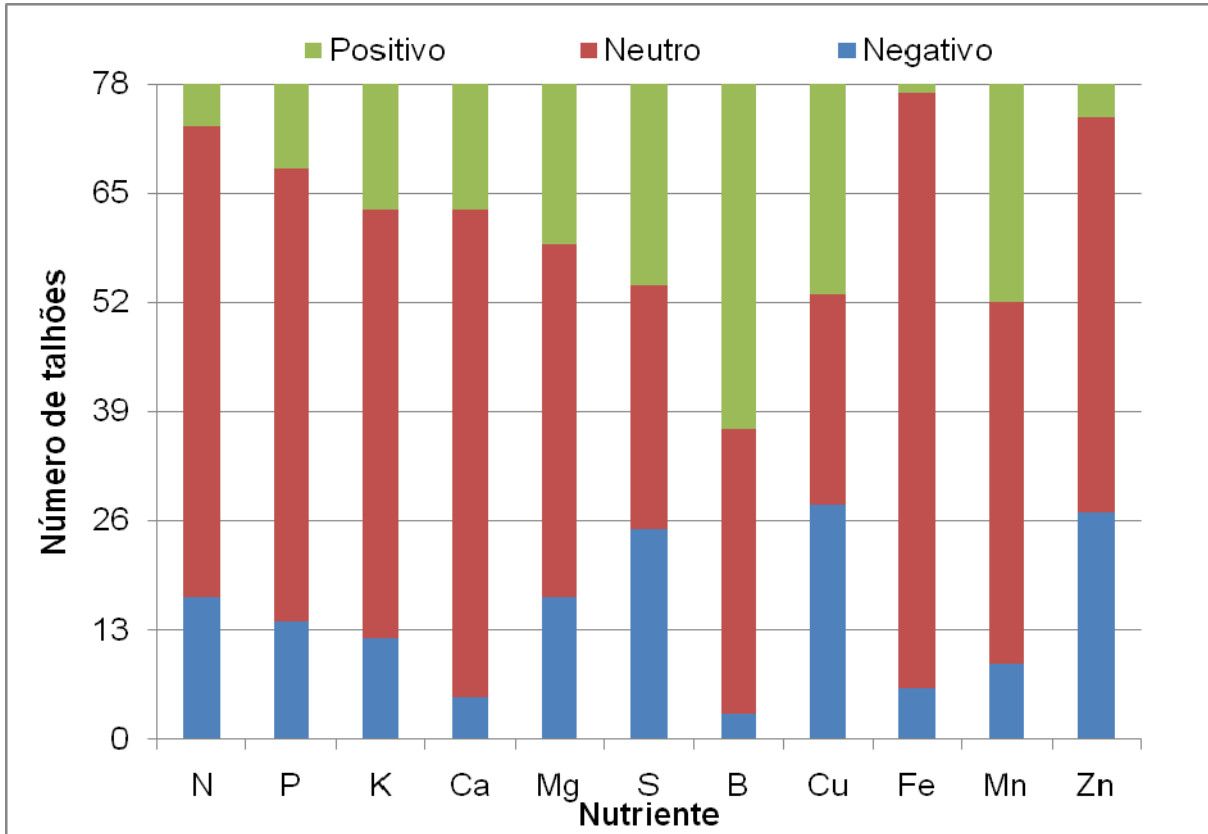


FIGURA 2 - Potencial de resposta á adubação com os nutrientes nas lavouras avaliadas

4 CONCLUSÕES

Dentre os diversos níveis de corte adotados, tem-se que o nível de 140 Mg ha⁻¹ foi o que melhor correlacionou-se com o IBN da população amostrada. Os diagnósticos realizados pelo DRIS mostraram desequilíbrios variados entre os diferentes talhões da população amostrada. Os nutrientes que apresentaram maior potencial de resposta á adubação em todas as populações amostradas foram o B, Mn, Cu e S. Já o Zn, Cu e o S apresentaram potencial negativo de resposta á adubação com esses nutrientes, o que demonstra um excesso relativo aos demais nutrientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F. et al. (Eds.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS/UFV, 2007. p. 645-736.

ANDREI, E. **Compêndio de defensivos agrícolas**. 7.ed. São Paulo: Livroceres. 2005. 1142 p.

BEAUFILS, E. R. **Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS)**. A general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. University of Natal. Soil Science, 1973. (Bulletin, 1).

BEAUFILS, E. R. Physiological diagnosis: a guide for improving maize production based on principles developed for rubber trees. **Fertilizer Society of South African Journal**, v. 1, p. 1-30, 1971.

BEAUFILS, E. R.; SUMNER, M. E. Application of the DRIS approach for calibrating soil and plant factors in their effects on yield of sugarcane. **Proc. South African Sugar Technol. Assoc.**, v. 50, p. 118–124, 1976.

CRESTE, J. E. **Uso do DRIS na avaliação do estado nutricional do limoeiro**. 1996, 119 p. Tese (doutorado) -- Botucatu - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista. São Paulo.

ELWALI, A. M. O.; GASCHO, G. J.; SUMNER, M. E. DRIS norms for 11 nutrients in corn leaves. **Agronomy Journal**, v. 77, p. 506-508, 1985.

ELWALI, A. M. O.; GASCHO, G. J. Soil testing, foliar analysis and DRIS as a guide for sugarcane fertilization. **Agronomy Journal**, v. 76, p. 466-470, 1984.

ELWALI, A. M. O.; GASCHO, G. J. Sugarcane Response to P, K and DRIS Corrective Treatments on Florida Histosols. **Agronomy Journal**, v. 75, p. 79–83, 1983.

Embrapa CNPS (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa-SPI, Embrapa-CNPS. 1999. 412 p.

GALLO, D. et al. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

GOMES, F. P. **Curso de Estatística Experimental**. 9.ed. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiróz', USP, 1981. 430 p.

GUINDANI, R. H. P. **Dris para avaliação do estado nutricional do arroz irrigado no Rio Grande do Sul**. 2007, 92 p. Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

HOOGERHEIDE, H. C. **DRIS para avaliação do estado nutricional da soja em duas regiões do cerrado brasileiro**. 2005. 94 p. Dissertação (Mestrado) -- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba.

JONES, C. A. Proposed modifications for DRIS for interpreting plant analyses. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 12, p. 785-794, 1981.

KURIHARA, C. H. **Demanda de nutrientes pela soja e diagnose de seu estado nutricional**. 2004. 101 p. Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de Viçosa. Viçosa.

LETZSCH, W. S. Computer program for selection of norms for use in the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 16, p. 339-347, 1985.

LETZSCH, W. S; SUMNER, M. E. Effect of population size and yield level in selection of Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) norms. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 15, p. 997-1006, 1984.

LORENZI, H. **Manual de identificação e de controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. 5.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 379 p.

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

NICK, J. A. DRIS para cafeeiros podados. 1998. 86 f. Dissertação (Mestrado) -- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba.

RAIJ, B. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H. Outras culturas industriais. In: RAIJ, B. V. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1997. p. 233-244. (Boletim, 100).

REIS Jr, R. A.; MONNERAT, P. H. DRIS norms validation for sugarcane crop. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 38, p. 379-385, 2003a.

REIS Jr, R. A.; MONNERAT, P. H. Norms establishment of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for nutritional diagnosis of sugarcane. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 38, p. 277-282, 2003b.

REIS Jr, R. A.; MONNERAT, P. H. Sugarcane nutritional diagnosis with DRIS norms established in Brazil, South Africa and the United States. **Journal of Plant Nutrition**, v. 25, p. 2831-2851, 2002.

REIS Jr, R. A. et al. Diagnose nutricional de cafeeiros da região sul de Minas Gerais: normas DRIS e teores foliares adequados. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 26, p. 801-808, 2002.

REIS Jr, R. A. **Diagnose nutricional da cana-de-açúcar com o uso do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS)**. 1999. 141 p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual do Norte Fluminense. Campos dos Goytacazes.

ROCHA, A. C. et al. Normas DRIS para cultura do milho semeado em espaçamento reduzido na região de Hidrolândia, GO, Brasil. **Bioscience Journal**, v. 23, p. 50-60, 2007.

RUÍZ-BELLO, A.; CAJUSTE, L. J. Controlling fertilizer applications through plant analysis. **Communications in soil science and plant analysis**, v. 33, p. 2793–2802, 2002.

SILVA, M. A. C. **Métodos de avaliação do estado nutricional do algodoeiro no centro-oeste do Brasil**. 2006. 87 p. Tese (Doutorado) -- Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal.

STALENGA, J. Applicability of different indices to evaluate nutrient status of winter wheat in the organic system. **Journal of Plant Nutrition**, v. 30, p. 351–365, 2007.

SUMNER, M.E. Advances in the use and application of plant analysis. **Communications in soil science and plant analysis**, v. 21, p. 1409-30, 1990.

SUMNER, M. E. Application of Beaufils' diagnostic indices to corn data published in literature irrespective of age and conditions. **Plant and Soil**, v. 46, p. 359-363, 1977.

URANO, E. O. M. et al. Avaliação do estado nutricional da soja. **Pesq. agropec. bras.**, v. 41, p. 1421-1428, 2006.

WADT, P. G. S. et al. Valores de referência para macronutrientes em eucalipto obtidos pelos métodos DRIS e Chance Matemática. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 22, p. 685-692, 1998.

WADT, P. G. S. **Os métodos da chance matemática e do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) na avaliação nutricional de plantios de *eucalyptus***. 1996. 123 p. Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de Viçosa. Viçosa.

WALWORTH, J. L.; WOODARD, H. J.; SUMNER, M. E. Generation of corn tissue norms from a small, high-yield data base. **Communications in soil science and plant analysis**. V. 19, p. 563-577, 1988.

WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E. The Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). **Advances Soil Science**. v. 6, p. 149-88, 1987.