

DRIS PARA AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DO ARROZ IRRIGADO⁽¹⁾

Raquel Hermann Pötter Guindani⁽²⁾, Ibanor Anghinoni⁽³⁾, Gilmar Ribeiro Nachtigall⁽⁴⁾

RESUMO

O alto custo das adubações, a importância da nutrição mineral sobre a produtividade e o nível de tecnologia adotado nas lavouras de arroz irrigado no sul do Brasil tornam relevante a utilização de técnicas de avaliação do estado nutricional, como a diagnose foliar. Dentre os métodos para diagnóstico nutricional das plantas, destaca-se o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), que utiliza o conceito do balanço de nutrientes. O objetivo deste trabalho foi estabelecer uma norma de referência DRIS e padrões nutricionais para a cultura do arroz irrigado. Foram utilizados resultados de análise foliar e de produtividade de 356 lavouras das diferentes regiões arrozeiras do Rio Grande do Sul na safra 2005/06. As amostragens foram feitas no estágio de florescimento da cultura. A população de alta produtividade foi determinada pela melhor correlação entre o Índice de Balanço Nutricional (IBN) e a produtividade, sendo esta a que atingiu produtividade $\geq 9.000 \text{ kg ha}^{-1}$. O cálculo das funções e índices DRIS baseou-se no método original de Beaufils (1973). Os resultados indicaram que: a concentração dos nutrientes apresentou relação positiva com os respectivos índices DRIS; o IBN apresentou correlação negativa com a produtividade; a determinação do ponto de equilíbrio nutricional DRIS permitiu o estabelecimento de um padrão nutricional para o arroz irrigado; e o método DRIS, utilizando normas específicas para o Rio Grande do Sul, foi eficiente no diagnóstico nutricional do arroz irrigado.

Termos de indexação: diagnose foliar, índice de balanço nutricional, padrão nutricional.¹

SUMMARY: DRIS FOR EVALUATION OF THE NUTRITIONAL STATUS OF THE FLOODED RICE

¹ Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor, apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS.

² Engenheira agrônoma, Mestre em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rua José Bonifácio 829/102, CEP 99450-000 Dom Pedrito (RS). E-mail: rhpguindani@yahoo.com.br

³ Professor Adjunto do Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Av. Bento Gonçalves 7712, Caixa Postal 776, CEP 91540-000 Porto Alegre (RS). E-mail: ibanghi@ufrgs.br

⁴ Pesquisador Embrapa Uva e Vinho. BR 285, Km 4, Caixa Postal 1513, CEP 95200-000 Vacaria (RS). Email: gilmar.nachtigall@terra.com.br

The high cost of fertilizers, the importance of the mineral nutrition on the productivity and the level of technology used by rice producers in southern Brazil are giving relevance to the use of evaluation techniques for the nutritional status, such as foliar diagnosis. Among the methods for nutritional diagnosis of the plants, the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) is distinguished, by using the concept of the balance of nutrients. The objective of this study was to establish a DRIS reference norm and nutritional standards for the flooded rice. Results of foliar analysis and grain productivity of 356 farms from different rice production regions in the 2005/06 crop year were then used. The foliar samples were collected at the bloom stage. The population of high productivity was determined by the best relation between the Index of Nutritional Balance (IBN) and the productivity, with this one having reached productivity $\geq 9.000 \text{ kg ha}^{-1}$. The calculation of the DRIS functions and indexes was based on the original method of Beaufils (1973). The results indicated that: the concentration of the nutrients presented positive relation with respective DRIS indexes; the IBN presented negative relation with the productivity; the determination of the DRIS "equilibrium point" allowed the establishment of a nutritional standard for the flooded rice; and the DRIS method, using specific norms for the Rio Grande do Sul, was efficient for the nutritional diagnosis of the flooded rice.

Index terms: foliar diagnosis, nutritional balance index, nutritional standards.

INTRODUÇÃO

O Brasil produz anualmente em torno de 12 milhões de toneladas de arroz (CONAB, 2008), o que lhe garante auto-sustentação desse alimento. Desse total, em torno de 70 % é cultivado em solo alagado, especialmente nos dois estados do extremo sul (Azambuja et al., 2004). Nesta região, a produtividade das lavouras vem aumentando substancialmente nos últimos anos, atingindo na safra 2007/08, valores de 6.860 kg ha^{-1} no Rio Grande do Sul e de 7.500 kg ha^{-1} em Santa Catarina (CONAB, 2008), fruto, essencialmente, da alteração do manejo do solo e da cultura, onde a adubação passou a exercer um papel importante (Genro Jr. et al., 2007; Schoenfeld et al., 2007).

Com a elevação da produtividade de arroz e a necessidade de sua manutenção, resultado do nível de tecnologia adotado pelos produtores, e o elevado custo dos fertilizantes, demandas sobre o conhecimento da nutrição mineral dessa cultura passaram a ser evidenciadas. Assim, técnicas de avaliação do estado nutricional das mesmas passaram a constituir ferramentas potenciais para o monitoramento da oferta e do equilíbrio entre nutrientes.

O uso da análise foliar como critério de diagnóstico baseia-se na premissa de existir relação entre o suprimento de nutrientes pelo solo e os seus níveis na planta e que aumentos ou decréscimos nas concentrações dos nutrientes se relacionam com produções mais altas ou mais baixas, respectivamente (Evenhuis & Waard, 1980). Como o teor crítico e as faixas de suficiência, que são os critérios mais utilizados para avaliação e interpretação do estado nutricional das plantas, estão sujeitos a algumas limitações, por considerar apenas a concentração isolada do nutriente em um determinado estágio fenológico (Hanson, 1981), o foco passou para o Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS). Este método utiliza o conceito do balanço de nutrientes e

parece estar menos sujeito que outros métodos às interferências de particularidades locais do ambiente e das variações de amostragem com respeito à idade e origem do tecido da planta. Esse sistema, proposto por Beaufils (1973), considera as relações entre os nutrientes e as compara com um padrão de alta produtividade, calculando um índice para cada nutriente e permitindo identificar quais os elementos mais limitantes e/ou em excesso. O DRIS utiliza as relações binárias entre os nutrientes e transforma os valores das concentrações em índices, que variam de negativo a positivo. Quanto menor for o índice, se negativo, mais limitante estará o nutriente, e quanto maior for o índice, se positivo, mais excessivo estará o nutriente. O índice de valor zero indica que o nutriente está nas melhores condições de balanço nutricional (Walworth & Sumner, 1987).

Após a definição das normas e das relações para cada par de nutrientes, é possível calcular os índices DRIS para as concentrações de nutrientes de uma amostra. Assim, o cálculo do índice DRIS depende, inicialmente, do estabelecimento dos valores padrões ou normas, obtidos para todos os nutrientes dois a dois, onde se utiliza uma população de alta produtividade como população de referência (Bataglia & Santos, 1990). Adicionalmente aos índices DRIS, é possível calcular o Índice de Balanço Nutricional (IBN), que resulta do somatório, em módulo, dos valores dos índices DRIS de cada nutriente, indicando o estado nutricional da planta. Quanto menor for o valor da soma, menor será o desequilíbrio entre nutrientes e, portanto, maior será a produtividade da cultura (Walworth & Sumner, 1987). Vários trabalhos mostram que o IBN apresenta alta correlação negativa com a produtividade (Creste & Nakagawa, 1997; Veloso et al., 2000; Mourão Filho et al., 2002; Silva et al., 2003; Hoogerheide, 2005).

Entre as culturas de grãos no Brasil, o método DRIS tem sido utilizado essencialmente para avaliar o estado nutricional da cultura da soja (Oliveira, 1983; Maeda, 2002; Lantaman et al., 2002; Kurihara, 2004; Hoogerheide, 2005). Para as demais culturas de grãos, poucos são os trabalhos que utilizam os princípios e a metodologia preconizados por Beaufils (1973). Para o arroz irrigado, nem mesmo trabalhos utilizando outros métodos de diagnose foliar foram desenvolvidos para as condições de clima, solo e variedades cultivadas no país. O objetivo deste trabalho foi, então, estabelecer uma norma de referência DRIS e padrões nutricionais para a cultura do arroz irrigado no Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado utilizando-se resultados de análise foliar e de produtividade de arroz irrigado provenientes das seis regiões arrozeiras do RS: Campanha, Depressão Central, Fronteira Oeste, Planície Costeira Externa, Planície Costeira Interna e Sul. As amostras foliares foram

coletadas na safra 2005/2006 em 389 lavouras comerciais do RS, com potencial de baixa, média e alta produtividade; destas, algumas tiveram de ser eliminadas por falta de dados de produtividade, restando 356 amostras. A amostragem consistiu na coleta de 50 folhas bandeira (última folha expandida antes da emissão da panícula) de cada talhão de lavoura no início do estágio reprodutivo da cultura, isto é, quando a mesma encontrava-se com menos de 50% de floração. Essas folhas foram coletadas de plantas que ainda não apresentavam panícula visível, embora parte da lavoura já tivesse emitido a panícula.

A colheita de grãos de arroz foi efetuada na mesma área correspondente à amostragem do tecido foliar, por máquina colheitadeira automotriz, após a maturação fisiológica, com a umidade entre 18 e 23 %, dependendo da cultivar e do sistema de colheita e de secagem (SOSBAI, 2005), e foi efetuado o registro desses resultados de produtividade.

As amostras de folhas foram analisadas pelo Laboratório de Análises de Solo, Planta e Outros Materiais do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da UFRGS para a determinação dos teores de macro e de micronutrientes. A secagem e moagem das mesmas foram feitas no Laboratório de Análises de Solo da Estação Experimental do Arroz – EEA/IRGA. As análises seguiram a metodologia descrita em Tedesco et al. (1995)

Os resultados das análises químicas do tecido vegetal para nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre, zinco, ferro, manganês, boro e molibdênio, juntamente com os respectivos resultados de produtividade, foram colocados em planilha eletrônica Microsoft Excel™ e organizados por região de origem, safra e época de amostragem. O banco de dados foi dividido em uma população de alta e outra de baixa produtividade, para estabelecimento das normas DRIS. O banco de dados foi dividido em 19 classes de produtividade, com intervalo de classe de 450 kg ha⁻¹, a fim de correlacionar os índices DRIS com a produtividade.

Os cálculos das normas, dos Índices DRIS, do IBN e do IBNm foram feitos utilizando-se a planilha DRIS do software Microsoft Excel™ desenvolvida pelo pesquisador Gilmar Ribeiro Nachtigall, da Embrapa Uva e Vinho. A norma foi estabelecida utilizando-se as concentrações dos nutrientes da população de alta produtividade. O critério adotado para divisão das duas sub-populações (alta e baixa produtividade) foi semelhante ao adotado por Creste (1996) e Hoogerheide (2005), sendo escolhida a população na qual a norma oriunda de determinado nível de produtividade apresente a melhor relação entre o Índice de Balanço Nutricional (IBN) e a produtividade. O critério usado para determinar a produtividade mínima para separação entre as populações de alta e de baixa produtividade foi baseado no nível de produtividade considerado alto de acordo com a média alcançada pelos produtores de arroz irrigado no RS. Assim, adotou-se a produtividade mínima de 7.650 kg ha⁻¹ como limite entre as duas sub-populações. A partir dessa

produtividade, foram estabelecidas as classes de população de alta produtividade: $\geq 7.650 \text{ kg ha}^{-1}$; $\geq 8.100 \text{ kg ha}^{-1}$; $\geq 8.550 \text{ kg ha}^{-1}$; e $\geq 9.000 \text{ kg ha}^{-1}$.

Dentro da população de cada classe de produtividade estabeleceu-se a população nutricionalmente equilibrada (Beaufils, 1956, citado por Beaufils, 1971), que é considerada aquela cujas concentrações de nutrientes estiverem dentro do limite da média mais ou menos $2/3$ do desvio padrão. Para as quatro populações consideradas de alta produtividade foram calculadas as normas, os índices DRIS e o IBN para estudo da relação com a produtividade. Foi selecionada, então, a norma que apresentou a melhor relação entre IBN e produtividade entre as populações de referência testadas.

A decisão por usar no cálculo da norma a relação direta ou inversa da razão de nutrientes foi feita pelo método da razão das variâncias, descrito por Letsch (1985) e Walworth et al. (1986), denominado de “valor F”. Esse critério consiste no cálculo da razão de variância das relações entre nutrientes da sub-população de referência (r) e de baixa produtividade (b), tanto na relação direta como inversa. Foi escolhida a ordem da relação que apresentou a maior razão de variância entre a população de alta e a de baixa produtividade.

As funções das relações dos nutrientes e os índices DRIS foram calculadas utilizando-se a metodologia original proposta por Beaufils (1973). O IBN foi calculado pelo somatório dos valores absolutos dos índices gerados para a amostra, obtidos para cada nutriente, e o Índice de Balanço Nutricional médio, foi obtido pelo IBN de cada amostra dividido pelo número de nutrientes que participam do cálculo (Wadt, 1996).

Para cada um dos nutrientes analisados, foram estabelecidas três classes nutricionais considerando o índice DRIS do nutriente e o IBNm: limitante, adequado e excessivo, seguindo a metodologia proposta por Wadt (1996). O nutriente foi considerado limitante quando apresentou índice DRIS negativo e, em módulo, apresentou valor maior que o IBNm; foi considerado adequado quando apresentou índice DRIS negativo ou positivo, porém em módulo menor que o IBNm; e excessivo na situação em que o índice DRIS foi positivo, e em módulo o valor foi maior que o IBNm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

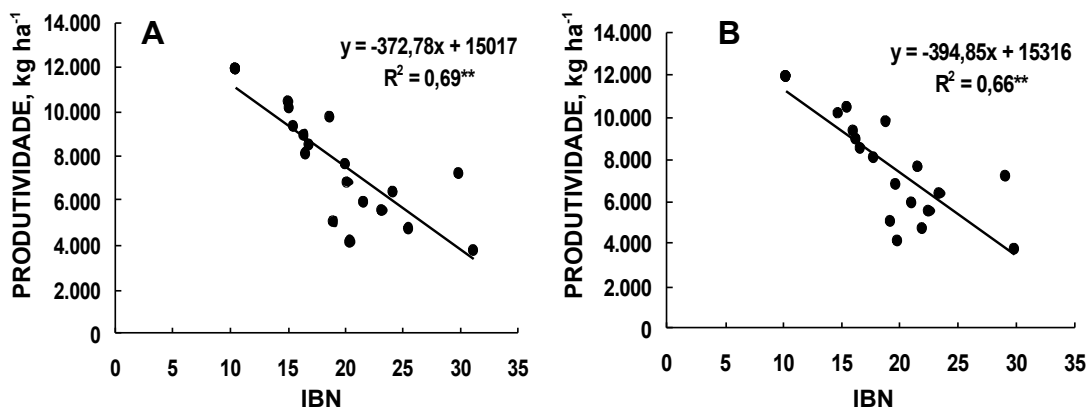
As concentrações de macro e de micronutrientes nas folhas analisadas apresentaram uma distribuição próxima à normalidade, a exemplo do observado por Hoogerheide (2005) na cultura da soja. As relações entre a concentração de nutrientes e a produtividade apresentaram baixa correlação, evidenciando a maior importância do balanço de nutrientes na determinação da

produtividade do arroz irrigado do que a própria concentração de cada nutriente. Mesmo com o agrupamento dos dados por classe de produtividade não foi possível verificar uma relação clara e direta entre produtividade de grãos e concentração de nutrientes (Guindani, 2007).

Para selecionar a melhor norma DRIS, submetem-se as normas obtidas para cada uma das quatro faixas de produtividade ($\geq 7.650 \text{ kg ha}^{-1}$; $\geq 8.100 \text{ kg ha}^{-1}$; $\geq 8.550 \text{ kg ha}^{-1}$; $\geq 9.000 \text{ kg ha}^{-1}$) ao cálculo dos índices DRIS (Beaufils, 1973). Observa-se na Figura 1 que houve relação significativa ($p < 0,01$) entre a produtividade e o IBN para todas as faixas de produtividade e que a norma obtida com a população de referência de produtividade $\geq 9.000 \text{ kg ha}^{-1}$ foi a que apresentou maior relação entre essas variáveis sendo, então, adotada para os cálculos da norma DRIS para o arroz irrigado (Tabela 1).

O coeficiente de determinação obtido para a relação entre o IBN e a produtividade na população de referência escolhida ($R^2 = 0,73$) representa um valor satisfatório para o arroz irrigado, visto que essa é uma cultura cujo estado nutricional é de difícil correlação com os dados de produtividade e outros componentes de rendimento, devido a sua peculiar condição de irrigação por alagamento, que altera substancialmente as características químicas, físicas e biológicas do solo. Para a cultura da soja, Hoogerheide (2005) obteve coeficientes de determinação de 0,91 (Maranhão e Piauí) e de 0,86 (Mato Grosso); já para limoeiro, Creste (1996) obteve coeficiente de determinação de somente 0,58.

Do total das 356 amostras analisadas, 31 fizeram parte da norma DRIS, representando 9% do banco de dados total, o que é aceitável, pois Letsch & Sumner (1984) citam que a população de referência deve conter em torno de 10% das observações do banco de dados.



PRODUTIVIDADE, kg ha^{-1}

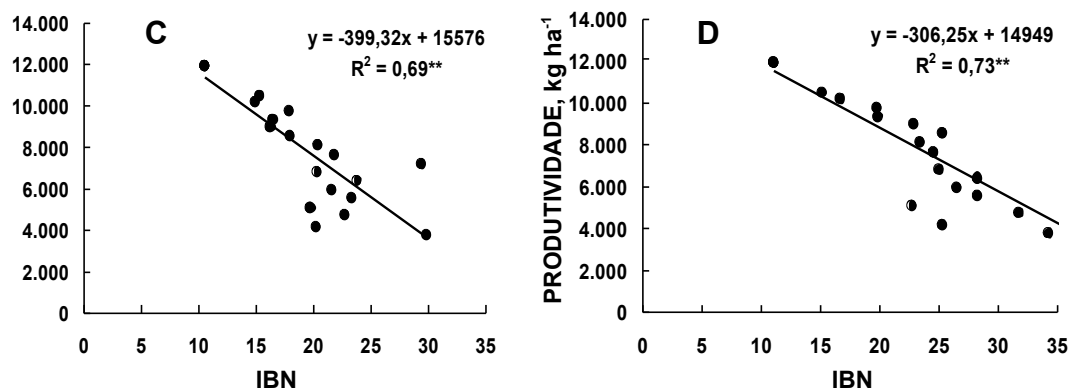


Figura 1. Relação entre o Índice de Balanço Nutricional (IBN) e a produtividade para diferentes faixas de produtividade da sub-população de referência: ≥ 7.650 kg ha⁻¹ (A); ≥ 8.100 kg ha⁻¹ (B); ≥ 8.550 kg ha⁻¹ (C); ≥ 9.000 kg ha⁻¹ (D) para o arroz irrigado do Rio Grande do Sul, safra 2005/06.

Definidas as normas, foram calculados os índices DRIS; verificaram-se, então, as relações positivas e significativas ($p < 0,01$) entre as concentrações de todos os nutrientes seus respectivos índices DRIS (Figuras 2 e 3). No caso dos nutrientes Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, Mn, B e Mo, os coeficientes de determinação foram mais elevados ($R^2 > 0,50$), indicando que o índice DRIS foi dependente da concentração do próprio nutriente na folha. Já para os nutrientes N, P, K e S houve uma baixa relação entre essas variáveis, o que indica uma menor dependência dos índices DRIS desses nutrientes da sua concentração foliar, demonstrando uma maior dependência das concentrações dos demais nutrientes que compõem o índice DRIS. Ou seja, para esses nutrientes a influência do balanço nutricional na formação do índice DRIS é maior, em relação aos demais nutrientes.

Tabela 5. Norma DRIS para a cultura do arroz irrigado do Rio Grande do Sul, safra 2005/06

Nº de ordem	Relação	Média	CV ¹	s ²	Nº de ordem	Relação	Média	CV ¹	s ²
1	N/P	12,52	9,73	1,22	34	Ca/Cu	0,66	23,90	0,16
2	N/K	2,13	16,22	0,35	35	Fe/Ca	40,17	43,17	17,34
3	Ca/N	0,10	21,97	0,02	36	Mn/Ca	191,19	43,13	82,47
4	Mg/N	0,05	21,07	0,01	37	Ca/Mo	2,32	53,49	1,24
5	S/N	0,07	12,65	0,01	38	Ca/Zn	0,15	30,71	0,05
6	B/N	0,28	53,09	0,15	39	Mg/S	0,79	21,01	0,17
7	N/Cu	6,41	25,14	1,61	40	Mg/B	0,28	78,09	0,22
8	Fe/N	3,88	29,21	1,13	41	Mg/Cu	0,34	26,19	0,09

9	Mn/N	19,76	42,74	8,45	42	Fe/Mg	72,91	34,89	25,43
10	N/Mo	22,53	46,01	10,36	43	Mn/Mg	359,11	41,02	147,32
11	Zn/N	0,72	20,85	0,15	44	Mg/Mo	1,21	51,72	0,63
12	K/P	6,02	14,45	0,87	45	Zn/Mg	13,79	21,77	3,00
13	Ca/P	1,29	21,04	0,27	46	B/S	4,15	54,86	2,28
14	Mg/P	0,68	19,59	0,13	47	S/Cu	0,44	21,39	0,09
15	S/P	0,86	12,35	0,11	48	Fe/S	56,43	34,85	19,66
16	B/P	3,46	54,91	1,90	49	Mn/S	283,10	44,65	126,40
17	P/Cu	0,52	23,14	0,12	50	S/Mo	1,55	49,49	0,77
18	Fe/P	50,73	37,91	19,23	51	Zn/S	10,49	18,42	1,93
19	Mn/P	245,88	43,14	106,08	52	B/Cu	1,72	53,04	0,91
20	P/Mo	1,77	41,04	0,73	53	Fe/B	20,56	78,05	16,05
21	Zn/P	9,03	19,12	1,73	54	B/Mn	0,02	109,86	0,02
22	Ca/K	0,22	29,23	0,06	55	B/Mo	6,47	71,22	4,61
23	Mg/K	0,11	19,89	0,02	56	B/Zn	0,40	57,96	0,23
24	S/K	0,14	16,54	0,02	57	Fe/Cu	24,34	37,21	9,06
25	B/K	0,57	52,76	0,30	58	Mn/Cu	118,63	39,13	46,42
26	Cu/K	0,35	27,94	0,10	59	Cu/Mo	3,93	76,02	2,99
27	Fe/K	8,60	40,17	3,45	60	Zn/Cu	4,57	28,01	1,28
28	Mn/K	42,72	50,35	21,51	61	Fe/Mn	0,26	90,54	0,23
29	K/Mo	10,77	45,49	4,90	62	Fe/Mo	85,12	46,61	39,68
30	Zn/K	1,50	16,16	0,24	63	Fe/Zn	5,67	40,82	2,32
31	Ca/Mg	1,97	22,71	0,45	64	Mn/Mo	448,75	71,66	321,56
32	Ca/S	1,52	21,91	0,33	65	Mn/Zn	29,07	57,05	16,58
33	B/Ca	2,69	51,94	1,40	66	Zn/Mo	16,04	44,44	7,13

¹CV = Coeficiente de variação (%); ²s = Desvio padrão.

É importante atentar para as curvas dos micronutrientes Mn, B e Mo, que, diferentemente dos demais nutrientes, apresentaram um elevado ajuste logarítmico da regressão (Figura 3), o que demonstra que o método DRIS está superestimando as deficiências dos nutrientes em questão. Assim, esses resultados devem ser analisados com cautela, visto que existe uma forte indicação de se considerar a sensibilidade do método para esses micronutrientes em termos de equilíbrio nutricional. Segundo Maia (1999), a fórmula original de Beaufils (1973), utilizada neste trabalho, superestima a deficiência nutricional quando a relação binária entre nutrientes é menor que a relação da população de referência. Wadt et al. (2007) inferem que os nutrientes Mn, B e Mo apresentam pequena amplitude para valores de concentração considerados ótimos. Desse modo, se fosse aplicada, segundo esses autores, uma forma de correção ao cálculo das funções DRIS desses micronutrientes, valores mais amplos dessas funções poderiam ser definidos à medida que o valor da relação entre dois nutrientes se afastasse do valor ótimo para a relação.

Levando-se em conta que a planta está equilibrada nutricionalmente quando os valores dos índices DRIS estiverem mais próximos de zero (Walworth & Summer, 1987), estabeleceu-se graficamente as concentrações dos nutrientes na folha equivalentes a esse ponto de equilíbrio nutricional (Figura 2), que são apresentadas na Tabela 2 e que podem passar a ser consideradas como limite para a faixa de suficiência na cultura do arroz irrigado.

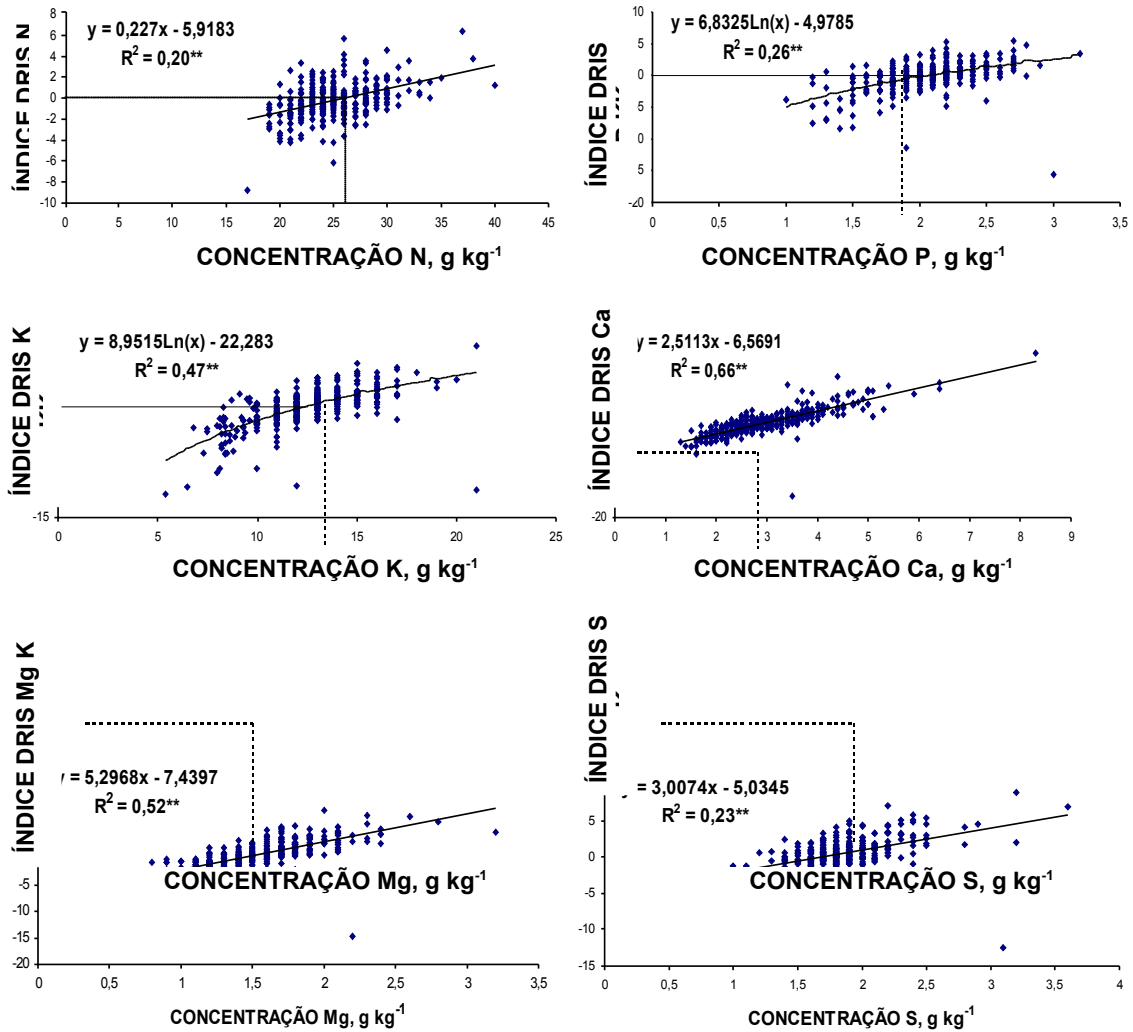
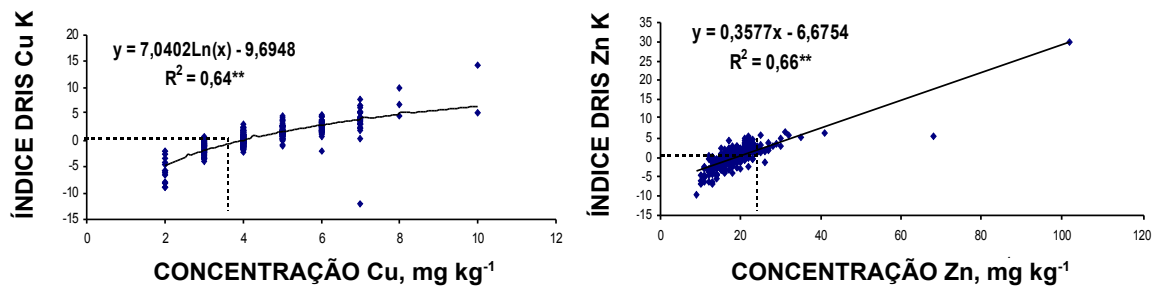


Figura 2. Relação entre os índices DRIS e a concentração de macronutrientes nas folhas de lavouras de arroz irrigado do Rio Grande do Sul, safra 2005/06.



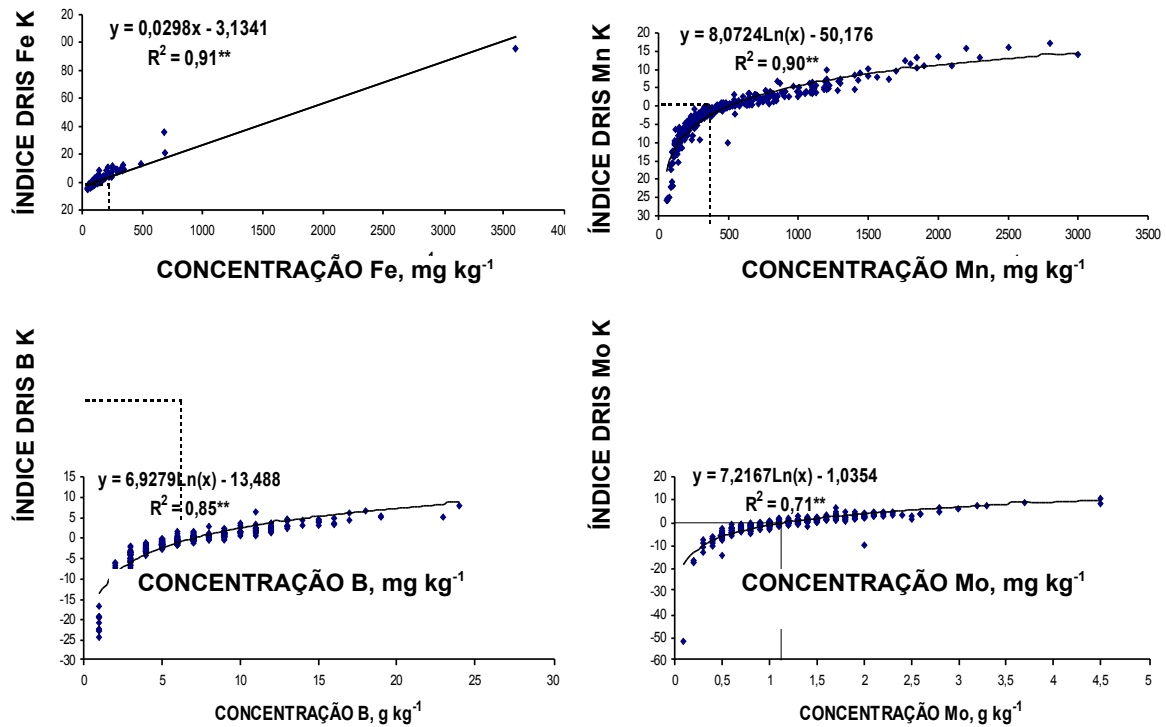


Figura 3. Relação entre os índices DRIS e a concentração de micronutrientes nas folhas de lavouras de arroz irrigado do Rio Grande do Sul, safra 2005/06.

Tabela 2. Ponto de equilíbrio nutricional DRIS para os nutrientes na cultura do arroz irrigado do Rio Grande do Sul, safra 2005/06

Nutriente	Ponto de equilíbrio nutricional DRIS
g kg ⁻¹
N	26
P	2,0
K	12,5
Ca	2,9
Mg	1,5
S	1,8
mg kg ⁻¹
Cu	4
Zn	18
Fe	100
Mn	500
B	7
Mo	1,2

Na Tabela 3 é apresentada a distribuição de frequência das amostras foliares de lavouras de arroz irrigado do Rio Grande do Sul (safra 2005/06) em classes nutricionais definidas pelo método DRIS (Beaufils, 1973), conforme o critério de Wadt (1996).

Tabela 3. Distribuição de frequência das amostras foliares de lavouras de arroz irrigado do Rio Grande do Sul (safra 2005/06) em classes nutricionais definidas pelo método DRIS (Beaufils, 1973)

Nutriente	Classes nutricionais					
	Deficiente		Adequado		Excessivo	
	n ¹	%	n ¹	%	n ¹	%
N	52	15	274	79	20	6
P	46	13	274	77	35	10
K	48	14	222	63	85	24
Ca	39	11	202	57	113	32
Mg	54	15	199	56	100	28
S	21	6	289	82	43	12
Cu	39	11	227	64	87	25
Zn	85	24	202	57	67	19
Fe	73	21	228	64	54	15
Mn	142	40	118	33	94	27
B	116	34	170	49	58	17
Mo	73	21	193	55	86	24

¹Número de amostras.

Observa-se na Tabela 3 que a grande maioria dos nutrientes situou-se, em maior percentual, na classe adequada de diagnose. As exceções foram o manganês e o boro. O manganês apresentou deficiência em 40% dos casos, o que evidencia um mascaramento dos índices DRIS desse nutriente em relação aos outros, devido: a) à alta tolerância da planta de arroz às concentrações elevadas de Mn na folha, que decorre da redução do solo devido ao alagamento, e b) por causa da superestimação da deficiência desse nutriente pelo DRIS, mostrada pela falta de linearidade do ajuste (Figura 3). Já com relação ao boro, os dados mostram que em 34% dos casos foi diagnosticada a sua deficiência, evidenciando sua possível limitação à produtividade. No entanto, é importante ressaltar que houve uma superestimação, pelo método DRIS, das deficiências desse nutriente (Figura 3), e que a indicação dessas deficiências pode não ser real, devendo ser estudado um ajuste no fator de sensibilidade no cálculo das funções DRIS.

Com o cálculo dos índices DRIS, é possível ordenar todos os nutrientes analisados, em cada uma das amostras, do mais limitante ao menos limitante (ou excessivo). Assim, a Tabela 4 apresenta os quatro nutrientes que apareceram mais vezes como os mais limitantes nas 356 amostras analisadas, de acordo com os índices DRIS calculados para as mesmas. O manganês aparece novamente como o nutriente mais limitante, seguido, em ordem decrescente, pelo boro, molibdênio e zinco.

Tabela 4. Nutrientes mais limitantes à produtividade do arroz irrigado no Rio Grande do Sul, conforme o método DRIS (Beaufils, 1973), safra 2005/06

Nutriente	Número de casos	%
Mn	103	29
B	67	19
Mo	32	9
Zn	28	8

Embora os resultados deste trabalho mostrem um diagnóstico de deficiência de alguns micronutrientes como boro, molibdênio e zinco em parte das amostras de lavouras de arroz irrigado do Rio Grande do Sul, esse fato não pode ser generalizado, pois não significa que esteja ocorrendo deficiência desses micronutrientes de forma geral nas lavouras de arroz do Estado, já que o método DRIS desenvolvido neste trabalho pode estar superestimando essas deficiências, como discutido anteriormente. Assim, não se pode afirmar, a partir desses resultados, que adubações com micronutrientes sejam recomendadas para a cultura do arroz, pois esse é um tema que necessita pesquisas específicas no sentido de sua constatação ou não. Segundo Scivittaro & Machado (2004), há evidência de que os solos da região Sul do país sejam, em geral, bem providos de micronutrientes, pois os experimentos realizados até o momento não mostraram resposta positiva a sua aplicação na cultura do arroz irrigado.

Assim, a avaliação do estado nutricional do arroz irrigado no Rio Grande do Sul pelo método DRIS, feita nesse trabalho, constitui-se em uma forma de diagnóstico pontual e não em uma recomendação. Fica registrada aqui a necessidade de realização de estudos posteriores a este trabalho, para que se possa testar e comprovar (ou não) esse diagnóstico.

Com o estabelecimento das normas DRIS a partir do banco de dados estudado, torna-se viável a utilização da diagnose foliar como método de avaliação do estado nutricional de lavouras de arroz irrigado, proporcionando que cada lavoura analisada tenha seu diagnóstico, podendo este ser de suficiência, de deficiência ou de excesso de algum(ns) nutriente(s).

CONCLUSÕES

1. As normas DRIS estabelecidas a partir de dados de lavouras comerciais mostram-se eficientes na avaliação do estado nutricional do arroz irrigado.
2. A concentração dos nutrientes apresenta relação positiva com os respectivos índices DRIS e o Índice de Balanço Nutricional (IBN), calculado a partir das normas geradas, apresenta correlação negativa com a produtividade.
3. A determinação do ponto de equilíbrio DRIS permite o estabelecimento de um padrão nutricional para o arroz irrigado, viabilizando a utilização da diagnose foliar como ferramenta de monitoramento do estado nutricional da cultura.

4. O método DRIS, utilizando normas estabelecidas a partir de dados de lavouras comerciais, é eficiente no diagnóstico nutricional do arroz irrigado.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Rio-Grandense do Arroz – IRGA pelo apoio financeiro, técnico e operacional a este trabalho, e a todos os seus técnicos pela colaboração na fase de coleta de amostras de tecido foliar.

LITERATURA CITADA

- AZAMBUJA, I.H.V.; VERNETTI Jr., F.J.; MAGALHÃES Jr., A.M. Aspectos socioeconômicos da produção de arroz. In: GOMES, A.S.; MAGALHÃES Jr., A.M. **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 23-44
- BATAGLIA, O.C.; SANTOS, W.R. Efeito do procedimento de cálculo e da população de referência nos índices do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS). R. Bras. Ci. Solo, 14: 339-344, 1990.
- BEAUFILS, E.R. Physiological diagnosis – a guide for improving maize production based on principles developed for rubber trees. Fert. Soc. South African J., 1: 1-30, 1971.
- 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. Pietermeritzburg: University of Natal, 1973. 132p. (Soil Science Bulletin N° 1)
- CRESTE, J.E. Uso do DRIS na avaliação do estado nutricional do Limoeiro Siciliano. Botucatu: Universidade Estadual, 1996. 120p. (Tese de Doutorado)
- CRESTE, J.E.; NAKAGAWA, J. Estabelecimento do método DRIS para a cultura do limoeiro em função da análise foliar; 1: Cálculo das normas. R. Bras. Frutic., 19: 297-305, 1997.
- Companhia Brasileira de Abastecimento – CONAB. **6º Levantamento de grãos 2007/2008**. Disponível em: www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/estudo_safra.pdf. Acesso em 31 mar. 2008
- EVENHUIS, B. & WAARD, P.W.F. Principles and practices in plant analysis. In: FAO. **Soils**. Rome, 1980. p.152-163. (FAO Bulletin, 38/1)

- GENRO JR, S. A.; SCHOENFELD, R.; MACEDO, V. R. M.; MARCOLIN, E.; MENEZES, V. G.; ANGHINONI, I. Eficácia das atuais recomendações de adubação para o arroz irrigado no Rio Grande do Sul. In: Congresso Brasileiro do Arroz Irrigado, 5., 2007, Pelotas. Anais. Pelotas : SOSBAI, 2007. v. 1. p. 624-626
- GUINDANI, R.H.P. DRIS para avaliação do estado nutricional do arroz irrigado no Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007. 94p. (Dissertação de Mestrado).
- HANSON, R.G. DRIS evaluation on N, P, K status of determinants soybeans in Brazil. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 12, p.933-948, 1981.
- HOOGERHEIDE, H.C. DRIS para avaliação do estado nutricional da soja em duas regiões do cerrado brasileiro. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2005. 94p. (Dissertação de Mestrado)
- KURIHARA, C.H. **Demanda de nutrientes pela soja e diagnose de seu estado nutricional**. 101f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.
- LETZSCH, W.S. Computer program for selection of norms for use in the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). *Com. Soil Sci. Plant Anal.*, 16: 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. *Com. Soil Sci. Plant Anal.*, 15: 997-1006, 1984.
- MAIA, C. Análise crítica da fórmula original de Beaufils no cálculo dos índices DRIS: a constante de sensibilidade. In: WADT, P.G.S.; MALAVOLTA, E. (Org.). Monitoramento nutricional para a recomendação de adubação de culturas. Piracicaba: Potafós, 1999. (CD-ROM)
- MOURÃO FILHO, F.A.A.; AZEVEDO, J.C. Funções e ordem da razão dos nutrientes no estabelecimento de normas DRIS em laranjeiras “Valência”. *Pesq. Agrop. Bras.*, 37: 185-192, 2002.
- SCIVITTARO, W.B.; MACHADO, M.O. Adubação e calagem para a cultura do arroz irrigado. In: GOMES, A.S.; MAGALHÃES Jr., A.M. Arroz irrigado no sul do Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 259-303
- SCHOENFELD R.; GENRO JR, S. A.; MARCOLIN, E.; MACEDO, V. M.; ANGHINONI, I. Estratégia de adubação para incremento de produtividade do arroz irrigado no Rio Grande do Sul. In: Congresso Brasileiro do Arroz Irrigado, 5., 2007, Pelotas. Anais. Pelotas : SOSBAI, 2007. v. 1. p. 555-557

- SILVA, E.B.; NOGEURA, F.D.; GUIMARÃES, P.T.G. Uso do DRIS na avaliação do estado nutricional do cafeeiro em resposta à adubação potássica. *Rev. Bras. Ci. Solo.* 27: 247-255, 2003.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DO ARROZ IRRIGADO - SOSBAI. Arroz Irrigado - Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil. Santa Maria: SOSBAI 2005. 159p.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2ª Ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p. (Boletim Técnico, 5)
- VELOSO, C.A.C.; GRAÇA, J.J. da C.; GAMA, J.R.N.F. Estabelecimento do método DRIS para a cultura de citros na Mesorregião do Nordeste do Estado do Pará. *R. Bras. Frutic.* 22: 372-376, 2000.
- WADT, P.G.S. Os métodos da chance matemática e do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) na avaliação do estado nutricional de plantios de eucalipto. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1996. 123p. (Tese de Doutorado)
- WADT, P.G.S.; SILVA, D.J.; MAIA, C.E.; TOMÉ Jr., J.B.; PINTO, P.A. C.; MACHADO, P.L.O. A. Modelagem de funções no cálculo dos índices DRIS. *Pesq. Agrop. Bras. Brasília*, 42: 57-64, 2007.
- 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. et al. Use of boundry lines in establishing diagnostic norms. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50: 123-128, 1986.