

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

NORMAS E FUNÇÕES DRIS PARA AVALIAÇÃO DO
ESTADO NUTRICIONAL DO ALGODOEIRO (*Gossypium*
hirsutum r *latifolium*)

ADEMAR PEREIRA SERRA

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
31 de março de 2011

NORMAS E FUNÇÕES DRIS PARA AVALIAÇÃO DO ESTADO
NUTRICIONAL DO ALGODOEIRO (*Gossypium hirsutum* r *latifolium*)

ADEMAR PEREIRA SERRA
Engenheiro Agrônomo

Orientadora: Prof^a Dr^a Marlene Estevão Marchetti

Tese de doutorado apresentada à
Universidade Federal da Grande
Dourados, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Agronomia – Produção Vegetal, para a
obtenção do título de Doutor.

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
31 de março de 2011

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD

633.51098172 Serra, Ademar Pereira
S487n

Normas e funções DRIS para avaliação do estado nutricional do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* e *latifolium*) / Ademar Pereira Serra. - Dourados, MS : UFGD, 2011.
200f.

Orientadora : Profª. Dra. Marlene Estevão Marchetti.
Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal da Grande Dourados.

1. Algodão – Mato Grosso. 2. Nutrição mineral. 3. DRIS. I. Título.

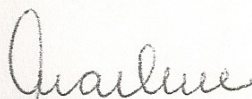
**NORMAS E FUNÇÕES DRIS PARA AVALIAÇÃO DO ESTADO
NUTRICIONAL DO ALGODOEIRO (*Gossypium hirsutum* r latifolium)**

por

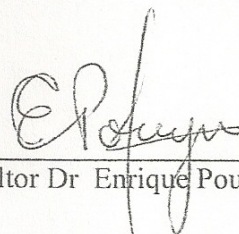
ADEMAR PEREIRA SERRA

Tese de Doutorado apresentada como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do
título de DOUTOR EM AGRONOMIA

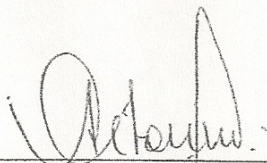
Aprovada em: 31/03/2011



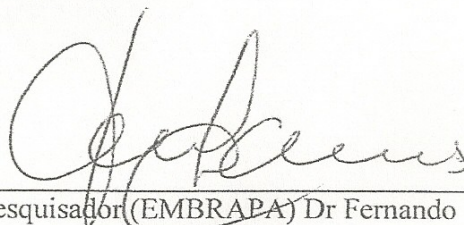
Prof.^a (UFGD) Dr.^a Marlene Estevão
Marchetti
(Orientadora)



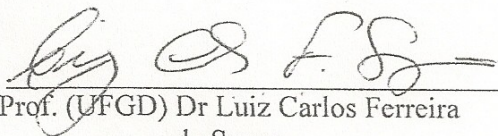
Consultor Dr Enrique Pouyú Rojas



Prof. (UFGD) Dr Antônio Carlos T.
Vitorino
(Co-orientador)



Pesquisador (EMBRAPA) Dr Fernando
Mendes Lamas



Prof. (UFGD) Dr Luiz Carlos Ferreira
de Souza

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Albertino Serra e Aparecida Pereira Serra, pelo apoio e incentivo dado, em especial a minha mãe pela força de vontade e determinação, sem as quais nada seria realizado.

AGRADECIMENTOS

À Deus, que nos traz paz e tranquilidade, base que sustenta nossa jornada e que nos faz refletir nos momento de tempestade.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, pela oportunidade de ingressar no curso de graduação em Agronomia.

À Universidade Federal da Grande Dourados, pelo aperfeiçoamento em minha vida profissional e apoio a realização desse trabalho.

À Universidade de São Paulo (ESALQ) pela oportunidade de ter aprimorado minha visão científica no período de doutorado sanduíche.

À professora Dr^a Marlene Estevão Marchetti, pela amizade e orientação durante os últimos 10 anos de minha vida. “Um grande amigo (a) nós não fazemos, mas nós reconhecemos com as atitudes”. Agradeço a Deus por ter me dado a satisfação de sua amizade, e do meu grande amigo Fábio Estevão Marchetti, pessoas que guardarei por toda minha vida do lado esquerdo do peito.

Ao pesquisador (EMBRAPA) Dr Fernando Mendes Lamas por aceitar o convite para fazer parte da banca examinadora.

Ao professor Dr Luiz Carlos Ferreira de Souza por aceitar o convite para fazer parte da banca examinadora.

Ao Engenheiro Agrônomo Dr Enrique Pouyú Rojas, pelo apoio concedido à realização desse trabalho, fornecendo os dados necessários.

Ao professor Dr Antônio Carlos T. Vitorino, pela participação na co-orientação.

Ao professor Dr Pedro Jacob Christoffoleti, pela participação na orientação no período de doutorado sanduíche na ESALQ/USP.

BIOGRAFIA

Ademar Pereira Serra, filho de Albertino Serra e Aparecida Pereira Serra, nasceu em 5 de julho, no ano de 1982, na cidade de Dourados, Estado do Mato Grosso do Sul.

Ingressou no curso de Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS) no ano de 2001, obteve o título de Engenheiro Agrônomo pela UFMS em março de 2006.

Ingressou no curso de Pós Graduação em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, nível de mestrado, pela Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) em 2006, obteve o título de Mestre em Produção Vegetal em março de 2008.

Ingressou no curso de Pós Graduação em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, nível de doutorado, pela Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) em 2008, curso que teve a modalidade sanduíche com a Universidade de São Paulo (USP), na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ/USP.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	VIII
RESUMO GERAL	1
GENERAL ABSTRACT	2
INTRODUÇÃO GERAL.....	3
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	5
CAPÍTULO 1: TESTE DE NORMAS E FUNÇÕES DRIS PARA O ALGODOEIRO (<i>Gossypium hirsutum</i> r <i>latifolium</i>) NA REGIÃO SUL DO MATO GROSSO	8
RESUMO.....	8
ABSTRACT	9
1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 DIAGNOSE FOLIAR.....	12
2.2 SISTEMA INTEGRADO DE DIAGNOSE E RECOMENDAÇÃO (DRIS)	13
2.3 NORMAS DRIS	14
2.4 ÍNDICES DRIS	15
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1 LOCAL DE COLETA	17
3.2 FORMAÇÃO DA BASE DE DADOS	17
3.3 CRITÉRIOS PARA DETERMINAÇÃO DAS NORMAS DRIS	18
3.4 MÉTODOS DE CÁLCULO PARA AS FUNÇÕES DRIS.....	19
3.5 CÁLCULO DOS ÍNDICES DRIS	20
3.6 ESTATÍSTICA	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5 CONCLUSÃO	31
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
CAPÍTULO 2: POTENCIAL DE RESPOSTA À ADUBAÇÃO PARA A INTERPRETAÇÃO DOS ÍNDICES DRIS PARA O ALGODOEIRO	37
RESUMO.....	37
ABSTRACT	38
7 INTRODUÇÃO	39
8 REVISÃO DE LITERATURA	41
8.1 ASPECTOS GERAIS DO DRIS	41
8.2 INTERPRETAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL POR MEIO DOS ÍNDICES DRIS	42
8.3 INTERPRETAÇÃO PELA ORDEM DOS VALORES DOS ÍNDICES DRIS.....	42
8.4 INTERPRETAÇÃO DOS ÍNDICES DRIS PELO POTENCIAL DE RESPOSTA À ADUBAÇÃO	43
9 MATERIAL E MÉTODOS.....	46
9.1 LOCAL DE COLETA	46
9.2 FORMAÇÃO DA BASE DE DADOS	46

9.3	CRITÉRIOS PARA DETERMINAÇÃO DAS NORMAS DRIS	47
9.4	MÉTODOS DE CÁLCULO PARA AS FUNÇÕES DRIS	50
9.5	CÁLCULO DOS ÍNDICES DRIS	51
9.6	INTERPRETAÇÃO DOS ÍNDICES DRIS PELO POTENCIAL DE RESPOSTA À ADUBAÇÃO	51
9.7	ESTATÍSTICA	52
10	RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
11	CONCLUSÃO	62
12	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
13	CAPÍTULO 3: ADEQUAÇÃO DE NORMAS DO SISTEMA INTEGRADO DE DIAGNOSE E RECOMENDAÇÃO PARA O ALGODOEIRO (<i>GOSSIPUM HIRSUTUM</i> R. LATIFOLIUM) NA REGIÃO SUL DO MATO GROSSO.....	69
14	RESUMO	69
15	ABSTRACT	70
16	INTRODUÇÃO	71
17	REVISÃO DE LITERATURA	73
17.1	SISTEMAS DE DIAGNOSE FOLIAR.....	73
17.2	SELEÇÃO DAS NORMAS DRIS PELO VALOR F	74
17.3	NORMAS DRIS TRANSFORMADAS POR FUNÇÃO DO LOGARITMO NATURAL	75
18	MATERIAL E MÉTODOS.....	77
18.1	LOCAL DE COLETA	77
18.2	FORMAÇÃO DA BASE DE DADOS	77
18.3	CRITÉRIOS PARA DETERMINAÇÃO DAS NORMAS DRIS	78
18.4	CÁLCULO DAS FUNÇÕES DRIS	79
18.5	CÁLCULO DOS ÍNDICES DRIS	79
18.6	INTERPRETAÇÃO DOS ÍNDICES DRIS	80
18.7	ESTATÍSTICA	80
19	RESULTADOS E DISCUSSÃO	82
20	CONCLUSÕES.....	94
21	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
22	CAPÍTULO 4: DESENVOLVIMENTO DAS FAIXAS DE BEAUFILS PARA AVALIAR O ESTADO NUTRICIONAL DO ALGODOEIRO.....	101
23	RESUMO	101
25	ABSTRACT	102
26	INTRODUÇÃO	103
27	REVISÃO DE LITERATURA	105
27.1	ÍNDICES DRIS	105
27.2	BALANÇO NUTRICIONAL	106
27.3	RELAÇÃO ENTRE ÍNDICE DRIS E TEOR FOLIAR	107
27.4	INTERPRETAÇÃO DOS TEORES FOLIARES PELA FAIXA DE BEAUFILS	108
28	MATERIAL E MÉTODOS.....	110

28.1	LOCAL DE COLETA	110
28.2	FORMAÇÃO DA BASE DE DADOS	110
28.3	CRITÉRIOS PARA DETERMINAÇÃO DAS NORMAS DRIS	111
28.4	MÉTODOS DE CÁLCULO PARA AS FUNÇÕES DRIS	111
28.5	CÁLCULO DOS ÍNDICES DRIS	111
28.6	INTERPRETAÇÃO DOS ÍNDICES DRIS PELO POTENCIAL DE RESPOSTA À ADUBAÇÃO	112
28.7	ESTATÍSTICA	112
29	RESULTADOS E DISCUSSÃO	114
	CONCLUSÕES	127
30	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	128
	APÊNDICES	133

LISTA DE TABELAS

PÁGINAS

CAPÍTULO 1. TESTE DE NORMAS E FUNÇÕES DRIS PARA O ALGODOEIRO (<i>Gossypium hirsutum</i> r <i>latifolium</i>) NA REGIÃO SUL DO MATO GROSSO.....	9
---	----------

Tabela 1. Normas DRIS, segundo a metodologia de (LETSCH 1985; WALWORTH e SUMNER, 1987) (valor F), valor r (NICK, 1998) e todas as relações duais (TR).....	24
---	-----------

CAPÍTULO 2. POTENCIAL DE RESPOSTA À ADUBAÇÃO PARA A INTERPRETAÇÃO DOS INDICES DRIS PARA O ALGODOEIRO.....	37
--	-----------

Tabela 1. Critério para interpretação dos índices DRIS (I DRIS) pelo potencial de resposta à adubação (PRA) (WADT, 1996).....	44
--	-----------

Tabela 2. Significado prático do potencial de resposta a adubação em relação à interpretação dos valores dos índices DRIS obtidos da diagnose foliar de plantas (WADT, 1996).....	45
--	-----------

Tabela 3. Normas DRIS para a população de plantas avaliadas, segundo a metodologia de (LETSCH 1985; WALWORTH e SUMNER, 1987) (valor F), usando o teste F para escolha das relações diretas ou inversas, valor r (NICK, 1998) e todas as relações duais (TR).....	49
---	-----------

Tabela 4. Critérios para determinação do potencial de resposta à adubação (PRA).....	52
---	-----------

Tabela 5. Cálculo do qui-quadrado para a combinação entre metodologias de determinação das normas DRIS e funções DRIS, pela resposta na frequência observada do potencial de resposta a adubação positivo, com alta probabilidade (p).....	54
---	-----------

Tabela 6. Frequência de talhões com diagnoses concordantes do potencial de resposta à adubação (PRA), determinado pelas normas com todas as relações duais, valor F e valor r, e as funções de cálculo de Beaufils (1973), Jones (1981) e Elwali e Gascho (1984), na população de não referência.....	58
--	----

Tabela 7. Frequência de talhões com diagnoses concordantes do potencial de resposta à adubação (PRA), determinado pelas normas com todas as relações duais (NTR), valor F (NVF) e valor r (NVr), e as funções de cálculo de Beaufils, Jones e Elwali & Gascho, na população de não referência.....	61
---	----

CAPÍTULO 3. ADEQUAÇÃO DE NORMAS DO SISTEMA INTEGRADO DE DIAGNOSE E RECOMENDAÇÃO PARA O ALGODOEIRO (<i>Gossipium hirsutum</i> r. latifolium) NA REGIÃO SUL DO MATO GROSSO.....	69
---	----

Tabela 1. Normas DRIS para a população de plantas avaliadas, segundo o critério do valor F.....	79
--	----

Tabela 2. Critério para a interpretação dos índices DRIS, seguindo a metodologia preconiza por Wadt	81
--	----

Tabela 3. Médias e desvio padrão (s) dos quocientes entre teores de nutrientes em folhas de algodão, na subpopulação de alta produtividade, transformados por logaritmo natural (normas DRIS), em amostras coletadas na região de Rondonópolis, MT, no ano agrícola de 2004/2005.....	85
--	----

Tabela 4. Cálculo do qui-quadrado, para as frequências observadas (%) de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn, Cu, Mn, e Fe, como limitante por falta (LF), pelo método DRIS com as normas transformadas por logarítmico natural (LN) e valor F.....	91
--	----

Tabela 5. Frequência de diagnose do estado nutricional de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, determinada pelas normas no critério da transformação por logaritmo natural e valor F na subpopulação de baixa e alta produtividade	92
--	----

Tabela 6. Frequência de talhões com diagnoses concordantes do estado nutricional, determinado pelos critérios valor F e transformação por logaritmo natural (LN).....	93
--	----

CAPÍTULO 4. DESENVOLVIMENTO DAS FAIXAS DE BEAUFILS PARA AVALIAR O ESTADO NUTRICIONAL DO ALGODOEIRO101

Tabela 1. Critério para a interpretação dos índices DRIS, seguindo a metodologia preconiza como faixas de Beaufils.....	112
--	-----

Tabela 2. Modelo estatístico do relacionamento entre teores de macronutrientes (g kg^{-1}) e micronutriente (mg kg^{-1}) e índices DRIS, com as normas definidas pelos dois critérios em estudo (transformação por logaritmo natural (LN) e valor F) na população de referência de dados coletados na região de Rondonópolis-MT.....	121
---	-----

Tabela 3. Faixas de Beaufils determinadas para a diagnose nutricional do algodoeiro, pelas normas DRIS (transformação por LN e valor F).....	122
---	-----

Tabela 4. Cálculo do qui-quadrado, para as frequências observadas (%) de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn, Cu, Mn, e Fe, como nutriente deficiente, pelo método DRIS com as normas transformadas por logarítmico natural (LN) e valor F.....	123
--	-----

Tabela 5. Porcentagem de talhões diagnosticados pela faixa de Beaufils para o algodoeiro na região de Rondonópolis-MT, pelo critério da transformação por logaritmo natural (LN) e valor F.....	125
--	-----

Tabela 6. Frequência de talhões com diagnoses concordantes do estado nutricional, determinado pelos critérios valor F e transformação por logaritmo natural.....	26
---	----

LISTA DE FIGURAS

PÁGINAS

CAPÍTULO 1. TESTE DE NORMAS E FUNÇÕES DRIS PARA O ALGODOEIRO (<i>Gossypium hirsutum</i> e <i>latifolium</i>) NA REGIÃO sul do mato grosso.....	9
---	----------

Figura 1. Relação entre IBN e produtividade, e entre os IBN desenvolvidos por Beaufils (1973), Jones (1981) e Elwali e Gascho (1984), com as normas definidas com todas as relações duais.....	26
---	-----------

Figura 2. Relação entre IBN e produtividade, e entre os IBN desenvolvidos por Beaufils (1973), Jones (1981) e Elwali e Gascho (1984), com as normas definidas pelo critério valor F.....	27
---	-----------

Figura 3. Relação entre IBN e produtividade, e entre os IBN desenvolvidos por Beaufils (1973), Jones (1981) e Elwali e Gascho (1984), com as normas definidas pelo critério do valor r.....	28
--	-----------

Figura 4. Relação entre as funções DRIS e a sua respectiva relação (N/S), em cada critério para definição das normas.....	30
--	-----------

CAPÍTULO 2. POTENCIAL DE RESPOSTA À ADUBAÇÃO PARA A INTERPRETAÇÃO DOS INDICES DRIS PARA O ALGODOEIRO.....	37
--	-----------

Figura 1. Porcentagem de talhões diagnosticados com o método de interpretação dos índices DRIS, denominado de potencial de resposta à adubação (PRA) (WADT, 1996): (n) Resposta negativa, com alta probabilidade; (nz) Negativa, com baixa probabilidade; (z) Nula; (pz) Positiva, com baixa probabilidade; (p) Positiva, com alta probabilidade. (1) Beaufils (1973); (2) Jones (1981); (3) Elwali e Gascho (1984).....	57
---	-----------

Figura 2. Porcentagem de talhões diagnosticados com o método de interpretação dos índices DRIS, denominado de potencial de resposta a adubação (PRA)	
---	--

(WADT, 1996): (n) Resposta negativa, com alta probabilidade; (nz) Negativa, com baixa probabilidade; (z) Nula; (pz) Positiva, com baixa probabilidade; (p) Positiva, com alta probabilidade. (1) normas com todas as relações; (2) normas critério valor F; (3) normas critério valor r.....60

CAPÍTULO 3. ADEQUAÇÃO DE NORMAS DO SISTEMA INTEGRADO DE DIAGNOSE E RECOMENDAÇÃO PARA A CULTURA DO ALGODOEIRO (*Gossypium hirsutum* r. *latifolium*) NA REGIÃO SUL DO MATO GROSSO.....69

Figura 1. Relação entre índices de balanço nutricional (IBN) e a produtividade de algodão em caroço (kg ha^{-1}): (A) relação entre IBN e produtividade, gerado pelo critério da transformação por logaritmo natural (LN); (B) relação entre IBN e produtividade, gerado pelas normas determinadas pelo valor F; relação entre IBN, normas valor F e normas LN.....87

Figura 2. Correlação dos índices DRIS (I DRIS), dos macronutrientes, gerados com as normas pelo critério da transformação por logaritmo natural (LN) e as normas definidas pelo valor F.....89

Figura 3. Correlação dos índices DRIS (I DRIS), dos micronutrientes, gerados com as normas pelo critério da transformação por logaritmo natural (LN) e as normas definidas pelo valor F.....90

CAPÍTULO 4. DESENVOLVIMENTO DAS FAIXAS DE BEAUFILS PARA AVALIAR O ESTADO NUTRICIONAL DO ALGODOEIRO).....101

Figura 1. Relação entre os teores de macronutrientes primários (população de referência e não referência) e seus respectivos índices DRIS (I DRIS), gerados com as normas pelo critério da transformação por logaritmo natural (LN) (A, C e E) e as normas definidas pelo valor F (B, D e F).....116

Figura 2. Relação entre os teores de macronutrientes secundários (população de referência e não referência) e seus respectivos índices DRIS (I DRIS), gerados com as normas pelo critério da transformação por logaritmo natural

(LN) (A, C e E) e as normas definidas pelo valor F (B, D e F).....117

Figura 3. Relação entre os teores dos micronutrientes (população de referência e não referência); boro, zinco e cobre e seus respectivos índices DRIS (I DRIS), gerados com as normas pelo critério da transformação por logaritmo natural (LN) (A,C e E) e as normas definidas pelo valor F (B, D e F).....118

Figura 4. Relação entre os teores dos micronutrientes (população de referência e não referência); manganês (Mn) e ferro (Fe) e seus respectivos índices DRIS (I DRIS), gerados com as normas pelo critério da transformação por logaritmo natural (LN) (A e C) e as normas definidas pelo valor F (B e D).....119

LISTA DE APÊNDICES

PÁGINAS

Apêndice 1. Produtividade em kg ha^{-1} e teores de macronutrientes e de micronutrientes em amostras de folhas de algodão, coletada no período de florescimento estádio F1 a F4, em 108 lavouras comerciais, na região de Rondonópolis-MT, no ano agrícola de 2004/20005.....	133
Apêndice 2. Produtividade em kg ha^{-1} , índice de balanço nutricional (IBN) e índices DRIS de nutrientes na subpopulação de baixa e alto produtividade, critério de escolha das normas com todas as relações duais, critério de cálculo das funções DRIS por Beaufils (1973). Rondonópolis-MT, dados do ano agrícola de 2004/20005.....	138
Apêndice 3 Produtividade em kg ha^{-1} , índice de balanço nutricional (IBN) e índices DRIS de nutrientes na subpopulação de baixa e alto produtividade, critério de escolha das normas com todas as relações duais, critério de cálculo das funções DRIS por Jones (1981). Rondonópolis-MT, dados do ano agrícola de 2004/20005.....	143
Apêndice 4. Produtividade em kg ha^{-1} , índice de balanço nutricional (IBN) e índices DRIS de nutrientes na subpopulação de baixa e alto produtividade, critério de escolha das normas com todas as relações duais, critério de cálculo das funções DRIS por Elwali e Gascho (1984). Rondonópolis-MT, dados do ano agrícola de 2004/20005.....	148
Apêndice 5. Produtividade em kg ha^{-1} , índice de balanço nutricional (IBN) e índices DRIS de nutrientes na subpopulação de baixa e alto produtividade, critério de escolha das normas pelo valor F, critério de cálculo das funções DRIS por Beaufils (1973). Rondonópolis-MT, dados do ano agrícola de 2004/20005.....	153
Apêndice 6. Produtividade em kg ha^{-1} , índice de balanço nutricional (IBN) e índices DRIS de nutrientes na subpopulação de baixa e alto produtividade, critério de	

escolha das normas pelo valor F, critério de cálculo das funções DRIS por Jones (1981). Rondonópolis-MT, dados do ano agrícola de 2004/20005....158

Apêndice 7. Produtividade em kg ha^{-1} , índice de balanço nutricional (IBN) e índices DRIS de nutrientes na subpopulação de baixa e alto produtividade, critério de escolha das normas pelo valor F, critério de cálculo das funções DRIS por Elwali e Gascho (1984). Rondonópolis-MT, dados do ano agrícola de 2004/20005.....163

Apêndice 8. Produtividade em kg ha^{-1} , índice de balanço nutricional (IBN) e índices DRIS de nutrientes na subpopulação de baixa e alto produtividade, critério de escolha das normas com valor r, critério de cálculo das funções DRIS por Beaufls (1973). Rondonópolis-MT, dados do ano agrícola de 2004/20005.....168

Apêndice 9. Produtividade em kg ha^{-1} , índice de balanço nutricional (IBN) e índices DRIS de nutrientes na subpopulação de baixa e alto produtividade, critério de escolha das normas com valor r, critério de cálculo das funções DRIS por Jones (1981). Rondonópolis-MT, dados do ano agrícola de 2004/20005.....173

Apêndice 10. Produtividade em kg ha^{-1} , índice de balanço nutricional (IBN) e índices DRIS de nutrientes na subpopulação de baixa e alto produtividade, critério de escolha das normas com valor r, critério de cálculo das funções DRIS por Elwali e Gascho (1984). Rondonópolis-MT, dados do ano agrícola de 2004/20005.....179

NORMAS E FUNÇÕES DRIS PARA AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DO ALGODOEIRO (*Gossypium hirsutum* r *latifolium*)

Autor: Dr Ademar Pereira Serra

Orientadora: Dr^a Marlene Estevão Marchetti

RESUMO GERAL

Após a criação do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) por Beaufils (1973), pesquisadores foram ajustando esse sistema de diagnose nutricional com a finalidade de torná-lo mais eficaz. No entanto, a evolução trouxe uma série de alternativas para o cálculo das normas e funções DRIS que precisam ser testadas para definir a melhor combinação de métodos. Esse trabalho teve como objetivo estudar as formas de cálculo das normas e funções DRIS, com a finalidade de obter a melhor combinação de métodos de cálculo do sistema que proporcione maior eficácia na diagnose nutricional do algodoeiro. O trabalho foi realizado em lavouras comerciais de algodão, no ano agrícola de 2004/2005, na região Sul do Mato Grosso. A base de dados foi composta por 108 amostras de folha completa e pela produtividade de algodão em caroço em área de lavouras comerciais com média de 100 ha. As normas, valor F e as funções de cálculo de Jones (1981) foi à melhor combinação de métodos, obtendo a melhor eficácia na diagnose nutricional. Todas as combinações de métodos foram capazes de diagnosticar o estado nutricional da cultura. Tanto as normas desenvolvidas por LN e a escolha das relações pelo valor F, podem ser recomendadas para a avaliação do estado nutricional da cultura do algodoeiro para a região Sul do Mato Grosso, sendo ambas eficaz para diagnosticar o estado nutricional. Os dois critérios (LN e valor F) foram eficazes para diagnosticar deficiências, não sendo as deficiências diagnosticas ao acaso, e sim pela capacidade do método que foi testado pelo teste do qui-quadrado. A concordância entre os métodos, na avaliação do estado nutricional esteve entre 92,59 a 100%, com exceção ao S que teve 74,07% de concordância.

Palavras-chave: nutrição mineral, diagnose nutricional, algodão.

DRIS' NORMS AND FUNCTIONS TO EVALUATION THE NUTRITIONAL STATE OF COTTON (*Gossypium hirsutum* r *latifolium*)

Author: PhD Ademar Pereira Serra

Adviser: PhD Marlene Estevão Marchetti

GENERAL ABSTRACT

With the advent of Diagnose and Recommendation Integrated System (DRIS) by Beaufils (1973), researchers were setting to this system of nutritional diagnosis in order to increase their efficiency. However, evolution has brought a number of possibilities for calculation of DRIS' norms and functions, that need to be tested to determine the best combination of methodology. The aim of this work was to study the ways of calculating DRIS' norms and functions, in order to obtain the best combination of methodology for the system that seeks greater efficiency in the nutritional diagnosis of cotton crop. The work was conducted an grower's fields of cotton from 2004 - 2005 crop season, at the South region from Mato Grosso. The database consisted of 108 samples of whole leaf and the yield of seed cotton in the plots of grower's fields with an average of 100 ha. The F value norms and Jones' functions (1981) was the best combination of methodologies, obtaining the best efficiency in nutritional diagnosis. All the methodologies combination were able to diagnose the nutrition state of the cotton crop. Both the norms developed by logarithm function and the choice of relations by F value, may be recommended for assessing the nutritional status of the cotton crop in the south region from state of Mato Grosso, both being effective to diagnose the nutritional status. The two criteria (F value and logarithm function) were effective to diagnose deficiencies and is not diagnostic deficiencies at random, but by the ableness of the method that has been tested by chi-square. The agreement between the methodologies to assess nutritional status was between 92.59 to 100%, except for S which had 74.07% agreement.

Keywords: Mineral nutrition, nutritional diagnosis, cotton.

INTRODUÇÃO GERAL

Tradicionalmente a diagnose do estado nutricional das plantas é realizada pelo estudo de calibração dos teores foliares de nutrientes, denominado de nível crítico e faixa de suficiência. Nesses métodos citados, a diagnose se procede pela comparação individual dos teores obtidos nos padrões de calibração com os valores nas amostras, sem nenhuma relação entre os nutrientes, não fornecendo o balanço nutricional entre os mesmos na amostra (BALDOCK e SCHULTE, 1996).

A diagnose foliar pode ser uma importante ferramenta para avaliar o estado nutricional das plantas, quando os processos de avaliação são adequados para tal propósito. A dinâmica natural do conteúdo dos nutrientes na planta é fortemente influenciada pela idade da planta, e também por fatores que afetam a absorção e distribuição dos nutrientes na planta, então, por esse prisma a diagnose foliar pode ser complexa (WALWORTH e SUMNER, 1987).

O sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) desenvolvido por Beaufils (1973) teve dentre seus objetivos corrigir o problema da correlação com a época de amostragem da planta, relacionando os nutrientes dois a dois. Melhorando dessa forma a eficácia da diagnose nutricional da planta, possibilitando a determinação da avaliação do equilíbrio nutricional.

Além do DRIS, como método que utiliza as relações entre nutriente, pode se citar a Diagnose da Composição Nutricional (CND) (PARENT e DAFIR, 1992; URANO et al., 2006, 2007; SERRA et al., 2010a,b), DRIS modificado (HALLMARK et al., 1989; SILVA et al., 2005) e Plant Analysis with Standardized Scores (PASS) (BALDOCK e SCHUTE, 1996).

Para que se possa utilizar o DRIS como sistema de diagnose, o primeiro passo é a determinação das normas. Como as normas se tratam de relações duais entre os nutrientes em plantas que apresentam alta produtividade, a forma de escolha dessas relações pode variar, havendo a possibilidade de utilizar a relação direta entre nutrientes (N/P) e/ou a relação inversa (P/N) para compor as normas DRIS (média e desvio padrão das relações duais da população de referência).

O critério para escolha das relações denominado de ‘valor F’ é o mais utilizado na literatura, sendo que o mesmo segue o princípio da escolha de uma ou outra forma da relação, direta (N/P) ou inversa (P/N) pela razão da maior variância entre a população de referência e a população de não referência (JONES, 1981; LETZSCH,

1985; WALWORTH e SUMNER, 1987), havendo também a forma de escolha da relação pelo critério determinado por Nick (1998) - valor r -, esse critério compreende o cálculo da correlação (r) entre a produtividade e a razão da relação dual entre os nutrientes, tanto na forma direta quanto na inversa, sendo selecionada a forma da razão que resulta no mais alto valor absoluto do coeficiente de correlação de Pearson (r).

Há também o método onde pode se utilizar todas as relações duais, sem discriminar nenhuma relação, sendo tal forma de utilização sugerida por Alvarez V. e Leite (1999), além desses critérios para definição das normas, tem se utilizado da função logaritmo natural nas relações duais (BEVERLY, 1987; URANO, et al., 2006; URANO et al., 2007; SERRA et al., 2010a,b; DIAS et al., 2010).

Definida a forma de determinação das normas, há o procedimento para o cálculo dos índices DRIS, sendo esses índices oriundos da média dos desvios em que um determinado nutriente está envolvido, sendo tal desvio denominado por Beaufils (1973) de funções DRIS, podendo apresentar valores positivos ou negativos, indicando que, o elemento está em excesso (+) ou deficiência (-), em relação aos demais na amostra a ser analisada. A proximidade desses valores de índices DRIS ao valor zero indica menor deficiência ou excesso nutricional (BEAUFILS, 1973).

O cálculo das funções DRIS pode ser definido pela metodologia desenvolvida por Beaufils (1973), Jones (1981) ou Elwali e Gascho (1984). No entanto, vem se constando que, as diferentes formas de cálculo das funções DRIS e os diferentes critérios para definição das normas DRIS geram diferentes índices, que podem levar a diferentes diagnoses, gerando interpretações discordantes (WADT et al., 1998; SILVA et al., 2009).

Devido à busca pela eficácia do DRIS, no decorrer de sua existência, surgiram diversas formas de cálculo das normas e funções, havendo em muitos casos controversos da melhor combinação de métodos para aprimorar a eficácia do sistema. Esse trabalho teve como objetivo estudar as formas de cálculo das normas e funções DRIS, com a finalidade de obter a melhor combinação de métodos de cálculo do sistema, que busque maior eficácia na diagnose nutricional na cultura do algodoeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ VENEGAS, V.H.; LEITE, R. de A. Fundamentos estatísticos das fórmulas usadas para cálculo dos índices DRIS. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.20-25, 1999.

BALDOCK, J.O.; SCHULTE, E.E. Plant analysis with standardized scores combines DRIS and sufficiency range approaches for corn. **Agronomy Journal**, v.88, n.3, p.448-456, 1996.

BEAUFILS, E.R. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). A general scheme of experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. South Africa: University of Natal, Pietermaritzburg. 1973. 132p. (Soil Science Bulletin, 1).

BEVERLY, R.B. Modified DRIS method for simplified nutrient diagnosis of 'Valencia' oranges. **Journal of Plant Nutrition**, v.10, p.1401-1408, 1987.

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

HALLMARK, W.B.; BEVERLY, R.B. Review – An update in the use of the Diagnosis and Recommendation Integrated System. **Journal of Fertilizer Issues**, v.8, p.74-88, 1991.

JONES, C.A. Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analyses. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.12, p.785-794, 1981.

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.

NICK, J.A. DRIS para cafeeiros podados. Piracicaba:USP/ESALQ, 1998. 86p. (Dissertação - Mestrado).

PARENT, L.E.; DAFIR, M. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, 117:239-242, 1992.

SERRA, A.P.; MARCHETTI, M.E.; VITORINO, A.C.T.; NOVELINO, J.O.; CAMACHO, M.A. Desenvolvimento de normas DRIS e CND e avaliação do estado nutricional da cultura do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.1, p.97-104, 2010a.

SERRA, A.P.; MARCHETTI, M.E.; VITORINO, A.C.T.; NOVELINO, J.O.; CAMACHO, M.A. Determinação de faixas normais de nutrientes no algodoeiro pelos métodos CHM, CND e DRIS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.1, p.105-113, 2010b.

SILVA, M.A.C.; NATALE, W.; MALHEIROS, E.B.; PAVINATO, A. Estabelecimento e validação de normas DRIS para a cultura do algodão no centro-oeste do Brasil. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.31, n.1, p.93-99, 2009.

SILVA, G.G.C.; NEVES, J.C.L.; ALVAREZ V., V.H. Avaliação da universalidade das normas DRIS, M- DRIS e CND. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2005, v.29, n.5, p.755-761, 2005.

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. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.9, p.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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.63-72, 2007.

WADT, P.G.S.; NOVAIS, R.F. de; ALVAREZ VENEGAS, V.H.; FONSECA, S.; BARROS, N.F. de; DIAS, L.E. Três métodos de cálculo do DRIS para avaliar o potencial de resposta à adubação de árvores de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.661-666, 1998.

WALWORTH, J.L.; SUMNER, M.E. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). **Advance in Soil Science**, v.6, p.149-188, 1987.

CAPÍTULO 1: TESTE DE NORMAS E FUNÇÕES DRIS PARA O ALGODOEIRO (*Gossypium hirsutum* r *latifolium*) NA REGIÃO SUL DO MATO GROSSO

Autor: Dr Ademar Pereira Serra

Orientadora: Dr^a Marlene Estevão Marchetti

RESUMO

A determinação de normas e funções DRIS que demonstre melhor eficácia do sistema é fator importante para que haja precisão das diagnoses do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS). O objetivo nesse trabalho foi avaliar três critérios para definição das normas DRIS e três metodologias de cálculo das funções DRIS, com a finalidade de avaliar a combinação de métodos com melhor eficácia para a diagnose nutricional do algodoeiro. Dados de produtividade, de talhões com média de 100 ha, e teores foliares (macro e micronutrientes) da cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* r. *latifolium*) procedente da safra de 2004/2005, foram selecionados para compor a base de dados. O critério para definir a população de referência consistiu nos talhões que apresentavam valores acima da média + 0,5 desvio-padrão (4.575 kg ha⁻¹ de algodão em caroço). Dentre os critérios para a escolha das normas, valor F e r, houve concordância em 56% das relações duais, isso devido à diferença na forma de escolha das relações. A relação entre IBN e produtividade apresentaram coeficiente de determinação (R^2) significativo ($p < 0,01$), para todas as variáveis testadas. O R^2 variou entre 0,2422 a 0,4612, o que indica que outros fatores não nutricionais estão influenciando na produtividade. Pode-se observar que, as maiores relações entre produtividade e IBN estiveram a cargo do método de Jones (1981), registrando melhor eficácia, em todos os critérios de escolha das normas. No entanto, quando se utilizou o critério de escolha das normas valor F e a função de cálculo de Jones (1981), o coeficiente de determinação apresentou valor superior aos demais. Considerando esse critério de eficácia pode se inferir que as normas valor F e as funções de cálculo de Jones (1981) foi a melhor combinação de métodos, obtendo a melhor eficácia na diagnose nutricional.

Termos de indexação: Nutrição mineral, normas DRIS, diagnose foliar.

DRIS METHODOLOGY TESTING NORMS AND FUNCTIONS FOR THE COTTON CROP IN SOUTH REGION OF MATO GROSSO STATE

Author: PhD Ademar Pereira Serra

Adviser: PhD Marlene Estevão Marchetti

ABSTRACT

An establishment of DRIS (Diagnosis and Recommendation Integrated System) norms and function method that demonstrates improved in efficiency of the system is important to achieve more precision in plant tissue analyses. The aim of this investigation was to study three criteria to define DRIS norms and three methodologies for calculating DRIS functions, in order to evaluate the efficiency of the best combination of methodology for interpreting plant tissue analyses of the cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Yield data of plots and foliar-nutrient concentrations of the cotton crop from 2004 - 2005 crop season were selected to compose the database. The whole population was divided into a number of two sub-groups based on the average yield level obtained at grower's field ($4,575 \text{ kg ha}^{-1}$ seed cotton as cut-off yield level to separate the sub-populations). Between the criteria to define the DRIS norms (F value and r value) there was agreement in 56% of ratios between nutrients, that due to the difference in choice of ratios by different method. The ratio between yield and NBI showed coefficient of determination (R^2) significant ($p < 0.01$) for all variables tested. The R^2 ranged from 0.2422 to 0.4612 indicating that other no-nutritional factors are influencing the yield. It may be noted that the rightest ratio between yield and NBI (Nutrition Balance Index) was in charge of Jones' method (1981), registering the best performance in all criteria of norms choice, however, when using the criterion of choice F value and function calculation of Jones (1981), the R^2 value is higher than the others tested method. The norms selected by F value and Jones (1981) calculation functions were the best methodology combination for achieving higher efficiency in plant tissue analyses of the cotton.

Index terms: Mineral nutrition, DRIS norms, foliar diagnosis.

1 INTRODUÇÃO

O sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS), desenvolvido por Beaufils (1973), é um método de diagnose dos índices nutricionais da planta, sendo que, esse sistema gera índices para cada nutriente, que podem apresentar valores positivos ou negativos, indicando que o elemento está em excesso (+) ou deficiência (-) em relação aos demais na amostra analisada, a proximidade desses valores de índices DRIS ao valor zero indica que o mesmo sugere menor deficiência ou excesso nutricional. Esses índices são oriundos da comparação das relações duais (N/P, P/N, N/K, K/N, etc.) da amostra a ser analisada com os valores de referência ou normas DRIS (BEAUFILS, 1973; JONES, 1981; ELWALI e GASCHO, 1984).

Como todo sistema de diagnose, no DRIS há a necessidade do desenvolvimento das normas, que surgem a partir de resultados de análise foliar, que relacionam teor foliar e produtividade da cultura, sendo esse banco de dados gerado a partir de talhões de lavouras comerciais ou de parcelas experimentais.

Para a definição da relação dual que irá compor a norma pode se utilizar do critério de escolha da relação direta (N/P) ou inversa (P/N) pela razão da maior variância entre a população de referência e a população de não referência, denominado de 'valor F' (LETZSCH, 1985; WALWORTH e SUMNER, 1987), havendo também a forma de escolha da relação pelo critério determinado por Nick (1998) - valor r -.

Esse critério compreende o cálculo da correlação (r) entre produtividade e a razão da relação dual entre os nutrientes, tanto na forma direta quanto na inversa, sendo selecionada a forma da razão que resulta no mais alto valor absoluto do coeficiente de correlação de Pearson (r). Há também o método onde pode se utilizar todas as relações duais, sem discriminar nenhuma relação, sendo tal forma de utilização sugerida por Alvarez V. e Leite (1999). Além desses critérios para definição das normas, tem se utilizado da função logaritmo natural, nas relações duais (BEVERLY, 1987; URANO, et al., 2006; URANO et al., 2007; SERRA et al., 2010a; SERRA et al., 2010b).

O cálculo das funções DRIS pode ser definido pela metodologia desenvolvida por Beaufils (1973), Jones (1981) ou Elwali e Gascho (1984). No entanto, vem se constando que, as diferentes formas de cálculo das funções DRIS e os diferentes critérios para definição das normas DRIS geram diferentes índices, que podem levar a diferentes diagnoses, gerando interpretações discordantes (WADT et al., 1998; SILVA et al., 2009).

Tendo em vista que o estado nutricional da planta não pode estar à mercê da forma de cálculo do sistema, é necessário que essas metodologias sejam testadas a fim de sugerir a que apresenta melhor eficácia do sistema. O objetivo nesse trabalho foi avaliar três critérios para definição das normas DRIS e três metodologias de cálculo das funções DRIS, com a finalidade de avaliar a eficácia da melhor combinação de métodos para a diagnose nutricional do algodoeiro.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Diagnose foliar

A diagnose do estado nutricional das plantas consiste na determinação dos teores dos nutrientes, comparando os mesmos com padrões de referência, sendo esse procedimento definido como diagnose foliar, que parte de informações da análise química de tecidos. No entanto, há também a diagnose visual, que incide na observação visual dos sintomas de distúrbios nutricionais.

A diagnose visual pode levar a informações pouca prática, pois, quando os sintomas de deficiência se manifestam na planta, o metabolismo da mesma já foi alterado e a correção da deficiência pode não trazer benefícios no aumento da produtividade ou qualidade do produto de valor econômico, tendo em vista ainda que, os sintomas de deficiência se manifestam na planta quando a deficiência é aguda (MARSHNER, 1995).

A análise de tecido é considerada a forma direta de avaliação do estado nutricional da planta, necessitando de uma parte bem definida da planta tida como padrão para a análise (HALLMARK e BEVERLY, 1991; MOURÃO FILHO, 2004; MALAVOLTA, 2006), sendo que, dentre os vários tecido possíveis da planta, o tecido foliar é o mais utilizado para análise.

As folhas são consideradas o foco da atividade fisiológica da planta, podendo apresentar alterações fisiológicas devidas a distúrbios nutricionais, elas têm sido usadas nos diagnósticos nutricionais das plantas por meio da análise química, procedimentos que de forma ampla, se denomina de diagnose foliar.

No entanto, para a diagnose do estado nutricional, há necessidade de haver um padrão de amostragem de folhas, que no caso da cultura do algodoeiro se faz na quinta folha da haste principal da planta (MALAVOLTA, 2006). Sendo essa amostragem utilizada para a utilização do DRIS nessa cultura (SILVA et al., 2009; SERRA et al., 2010a,b), sendo tal amostragem foliar retirada no estágio de florescimento F1 a F4 pela classificação de Marur e Ruano (2001),

A análise foliar pode ser uma ferramenta útil para avaliar o estado nutricional da planta, desde que os procedimentos para a análise dos dados sejam adequados. No entanto, devido à dinâmica natural da composição do tecido foliar, fortemente influenciada pela idade da folha, estágio de maturação e interações entre nutrientes

envolvendo a absorção e translocação, a diagnose do tecido foliar pode ser uma prática de difícil entendimento e utilização (WALWORTH e SUMNER, 1987).

A interpretação dos teores dos nutrientes na análise foliar pode se dar por diferentes métodos de avaliação do estado nutricional. Sendo os mais utilizados: nível crítico, faixa de suficiência e o sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) (BEAUFILS, 1973; WALWORTH e SUMNER, 1987; MOURÃO FILHO, 2004; SERRA et al., 2010a,b). Contudo, ainda há outros sistemas de diagnose, como: diagnose da composição nutricional (CND) (PARENT e DAFIR, 1992), plant analysis with standardized scores (PASS) (BALDOCK e SCHULTE, 1996), sendo esses dois métodos menos estudados, no entanto, para a cultura do algodoeiro é possível encontrar normas CND publicadas no trabalho de SERRA et al. (2010a) na região oeste do estado da Bahia.

Dos métodos citados acima, a faixa de suficiência é o mais utilizado, tanto para a cultura do algodoeiro como para as demais culturas, sendo que o mesmo consiste da adoção de intervalos ótimos dos teores dos nutrientes para definir o estado nutricional da lavoura, com base em ensaios de calibração regional, o que gera um alto custo para sua execução.

No sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS), devido o uso das relações bivariadas (N/P, P/N, N/K, K/N...) há uma redução dos efeitos das taxas de acúmulo de biomassa (BEAUFILS, 1973; WALWORTH e SUMNER, 1987; SINGH et al., 2000). O uso do DRIS no conceito de balanço nutricional, vem sendo considerado como um método mais eficaz em avaliar o estado nutricional, ordenando os nutrientes pela ordem de exigência da planta, ou seja, fornecendo o balanço nutricional entre os nutrientes na amostra foliar.

Devido aos diversos fatores que podem influenciar no teor dos nutrientes na planta, Jones (1981) sugere que seja crítico com relação à confiabilidade das normas DRIS, para que o uso da diagnose foliar como método de avaliação do estado nutricional da planta seja bem empregado.

2.2 Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS)

O sistema integrado de diagnose e recomendação foi desenvolvido por Beaufils em 1973, o qual consiste na utilização de relações entre nutrientes (bivariada) ao invés do valor absoluto e individual dos nutrientes na análise foliar. O DRIS possibilita

identificar a ordem de limitação nutricional, agrupando os nutrientes desde o mais limitante por deficiência até aquele com maior limitação por excesso.

Com o uso das relações entre nutrientes no DRIS, é de se esperar que o problema do efeito de diluição e concentração fosse solucionado, pois segundo Beaufls (1973); Walworth e Sumner (1987) com a maturidade do tecido foliar, os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e enxofre (S) decrescem com a idade da planta, e por outro lado, cálcio (Ca) e magnésio (Mg) aumentam. Ao utilizar o princípio das relações duais, as relações duais apresentam valores constantes, minimizando o efeito de acúmulo de biomassa, que é um dos maiores problemas no método da faixa de suficiência e nível crítico.

É possível encontrar na literatura algumas culturas em que fizeram uso do DRIS para diagnosticar o estado nutricional, tais como; abacaxi (SEMA et al., 2010), algodão (SILVA et al., 2009; SERRA et al., 2010a,b), arroz (GUINDANI et al., 2009), batata doce (BAYLE et al., 2009; RAMAKRISHNA et al., 2009), café (NICK, 1998), cana de açúcar (ELWALI e GASCHO, 1984; REIS Jr e MONNERAT, 2002; MACCRAY et al., 2010), laranja (MOURÃO FILHO et al., 2001), maçã (NATCHIGALL et al., 2007a,b), manga (HUNDAL et al., 2005), milho (REIS Jr, 2002; URRICARIET et al., 2004), soja (URANO et al., 2006, 2007), eucalipto (WADT et al., 1998), dentre outras culturas.

De acordo com Baldock e Schulte (1996), quatro são as vantagens do DRIS: a escala de interpretação é contínua e fácil de usar; ordena os nutrientes do mais deficiente para o mais excessivo; pode identificar casos nos quais a produção está limitada em razão de um desequilíbrio nutricional, mesmo quando nenhum dos nutrientes está abaixo de seu nível crítico, e o Índice de Balanço Nutricional (IBN) fornece uma medida dos efeitos combinados dos nutrientes, sobre a produção. Por outro lado, a desvantagem dessa metodologia é que, os índices não são independentes, ou seja, o teor de um nutriente pode ter efeito marcante sobre os índices de outros nutrientes.

2.3 Normas DRIS

Para que se utilize um sistema de diagnose, o primeiro passo a ser dado é a construção de valores de referência, que seriam as normas DRIS. As normas DRIS consistem das médias e desvios padrão das relações duais entre teores de nutrientes (N/P, P/N, N/K, K/N, etc.) obtidos em uma população de referência, que seria uma

população de plantas que apresentam alta produtividade (BEAUFILS, 1973), sendo esse método seguido no decorrer dos anos até na atualidade (JONES, 1981; ALVAREZ V. e LEITE, 1999; MACCRAY et al., 2010; SERRA et al., 2010a,b).

O banco de dados para compor as normas é formado pela produtividade e teores de nutrientes no tecido foliar, podendo essas informações serem obtidas de talhões comerciais ou unidades experimentais. O tamanho do banco de dados não é um fator que está relacionado diretamente com a qualidade das normas (WALWORTH et al., 1988; SUMNER, 1977). Walworth et al. (1988) registraram ganho de eficácia das normas quando se utilizaram 10 observações, do que em número maior. Sendo a qualidade dos dados o fator que determina a eficácia das normas para a diagnose nutricional pelo DRIS (MOURÃO FILHO, 2004).

Para compor as normas DRIS, as relações entre nutrientes podem ser selecionadas pela forma direta (N/P) ou inversa (P/N), havendo alguns critérios para tal escolha, ou até mesmo a utilização de todas as relações duais (BATAGLIA et al., 1990; ALVAREZ V. e LEITE, 1999), e a utilização do logaritmo natural nas relações duais (BEVERLY, 1987; URANO et al., 2006,2007; SERRA et al., 2010a,b).

No entanto, com essas formas de seleção das relações duais que irão compor as normas há a necessidade de que se definir para o algodoeiro, a forma de escolha das normas que apresenta a melhor eficácia. Silva et al. (2009) testou a escolha das relações duais pelo método do valor “F” (JONES, 1981; LETSCH, 1985; WALWORTH e SUMNER, 1987) e valor “r” (NICK, 1998) para o algodoeiro, não testando as normas pelo critério da utilização de todas as relações duais, como sugerido por Alvarez V. e Leite (1999) e as normas com a transformação por logaritmo natural, como foi utilizado por Serra et al. (2010a,b).

2.4 Índices DRIS

Após a definição das normas DRIS, as amostras podem ser analisadas, gerando os índices DRIS, sendo que, para cada nutriente é determinado um índice DRIS, o qual pode apresentar valores positivos ou negativos, que representa a média aritmética das funções em que o nutriente está envolvido, quando o resultado é negativo (abaixo de zero), isso significa deficiência e quando o valor positivo indica excesso, assim como preconizado por Beaufils (1973):

$$I_{DRIS\ A} = \frac{\sum f\left(\frac{A}{B}\right) - \sum f\left(\frac{B}{A}\right)}{n}$$

n = número de funções DRIS de cada relação dual definida pelo critério de escolha da norma, em que o nutriente A está envolvido.

Varias modificações foram propostas com a finalidade de aumentar a precisão na diagnose nutricional para diversas culturas. O cálculo das funções ou unidades de desvio padrão pode ser definido pela metodologia originalmente desenvolvida por Beaufils (1973), Jones (1981) ou Elwali e Gascho (1984), havendo resultados conflitantes na literatura com relação à eficácia de cada metodologia de cálculo. Segundo Mourão Filho (2004), ainda não há uma definição clara de qual seria a melhor recomendação para se calcular as funções ou unidades de desvio padrão para o DRIS.

A soma dos índices DRIS, em módulo, dos nutrientes em uma amostra diagnosticada gera o índice de balance nutricional (IBN), numa escala crescente, quanto maior o IBN maior o desequilíbrio nutricional da planta e por consequência, menor produtividade, sendo a correlação entre IBN e produtividade uma medida da eficácia do sistema DRIS (NACHTIGALL e DECHEN, 2007b; GUINDANI et al., 2009).

Mourão filho (2004) conclui que as pesquisas com DRIS no Brasil ainda são incipientes, pois, muitos fatores ainda precisam ser melhor estudados, fatores como o critério de escolha das populações de referência, a combinação de métodos a ser utilizadas, havendo dessa forma a necessidade de estudos mais aprimorados nesses aspectos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de coleta

Este trabalho foi realizado com dados oriundos de lavouras comerciais de algodão, no ano agrícola de 2004/2005, na região Sul do Mato Grosso, em torno das coordenadas geográficas 12° 41'S e 45° 40'W, com altitude média de 497 m. O solo da região de estudo é predominantemente constituído por Latossolo Vermelho distroférico. As lavouras foram conduzidas em sistema de plantio convencional. As variedades que compuseram a base de dados foram: DeltaOpal, DeltaPenta, DeltaPine Acala 90, CNPA ITA 90, FiberMax 966.

3.2 Formação da base de dados

Foram utilizadas para compor a base de dados 108 amostras compostas de folhas completas (limbo + pecíolo), sendo que cada uma dessas amostras foi formada por 30 amostras simples selecionadas aleatoriamente em cada talhão comercial que apresentava uma área média de 100 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 e Ruano (2001).

As amostras foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, até peso constante e passadas em moinho com peneira de 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, Zn, Cu, Mn e Fe, conforme metodologia descrita em Malavolta et al. (1997). As informações utilizadas para a formação da base de dados e para o desenvolvimento do DRIS foram os teores totais de macronutrientes (g kg⁻¹) e micronutrientes (mg kg⁻¹) nas folhas e a produtividade de algodão em caroço (kg ha⁻¹). A base de dados foi dividida em duas subpopulações, utilizando a média + 0,5 desvio padrão como critério para separar as subpopulações (SILVA et al., 2005; URANO et al., 2006; URANO et

al., 2007), uma com produtividade acima de 4.575 kg ha⁻¹ (média + 0,5 desvio padrão), sendo essa a população de referência, e outra com produtividade abaixo de 4.575 kg ha⁻¹ (população de não referência).

3.3 Critérios para determinação das normas DRIS

Foram testados três critérios para determinação das normas DRIS (média e desvio padrão das relações entre nutrientes na população de referência), sendo o critério determinado por “valor F” (JONES, 1981; LETZSCH 1985; WALWORTH e SUMNER, 1987), “valor r” (NICK, 1998), e as normas considerando todas as relações duais, tanto na forma direta (A/B) quanto na forma inversa (B/A).

A determinação da relação (A/B ou B/A) para compor a norma pelo método da razão das variâncias - valor F - foi definida com a relação entre as variâncias, da população de baixa produtividade (não-referência) e de alta (referência), sendo escolhida a ordem da relação que apresentou a maior razão de variâncias (S²), da seguinte forma:

Se:

$$\left[\frac{S^2 \left(\frac{A}{B} \right)_{\text{população não referência}}}{S^2 \left(\frac{A}{B} \right)_{\text{população referência}}} \right] > \left[\frac{S^2 \left(\frac{B}{A} \right)_{\text{população não referência}}}{S^2 \left(\frac{B}{A} \right)_{\text{população referência}}} \right]$$

Então: relação que irá compor a norma = A/B.

Se:

$$\left[\frac{S^2 \left(\frac{A}{B} \right)_{\text{população não referência}}}{S^2 \left(\frac{A}{B} \right)_{\text{população referência}}} \right] < \left[\frac{S^2 \left(\frac{B}{A} \right)_{\text{população não referência}}}{S^2 \left(\frac{B}{A} \right)_{\text{população referência}}} \right]$$

Então: relação que irá compor a norma = B/A

Sendo que:

$S^2 \left(\frac{A}{B} \right)_{população\ referência}$: variância dos valores A/B na população de referência;

$S^2 \left(\frac{A}{B} \right)_{população\ não\ referência}$: variância dos valores A/B na população de não-referência;

$S^2 \left(\frac{B}{A} \right)_{população\ referência}$: variância dos valores B/A na população de referência;

$S^2 \left(\frac{B}{A} \right)_{população\ não\ referência}$: variância dos valores B/A na população de não-referência.

O segundo método consistiu no valor r , sendo esse método determinado pela correlação de Pearson (r) entre as relações duais (A/B e B/A) e a produtividade, na população de referência. Dessa forma a relação que obteve o maior valor de correlação - em módulo - com a produtividade foi selecionada para compor as normas.

O terceiro método consistiu da utilização de todas as relações duais, sem discriminar nenhuma relação por qualquer forma, utilizando as relações duais na forma direta e inversa.

3.4 Métodos de cálculo para as funções DRIS

Além dos critérios para definição das normas, foram também avaliados os métodos de cálculo das funções DRIS. Em cada amostra a ser avaliada, os desvios das relações duais (A/B) e/ou (B/A) foram calculados em relação aos valores médios dos mesmos quocientes, na população de referência, sendo as funções DRIS determinadas de acordo com o método de Beaufils (1973), Jones (1981) e Elwali e Gascho (1984).

Beaufils (1973):

Para $A/B < a/b$;

$$f\left(\frac{A}{B}\right) = \left[1 - \frac{a/b}{A/B}\right] \cdot \frac{100 \cdot K}{CV\%}$$

$f(A/B)=0$, para $A/B = a/b$

Para $A/B > a/b$;

$$f\left(\frac{A}{B}\right) = \left[\frac{A/B}{a/b} - 1\right] \cdot \frac{100 \cdot K}{CV\%}$$

Jones (1981):

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

Elwali e Gascho (1984):

Para $A/B < a/b-1s$

$$f\left(\frac{A}{B}\right) = \left[1 - \frac{a/b}{A/B}\right] \cdot \frac{100 \cdot K}{CV\%}$$

$f(A/B)=0$, para o intervalo entre $a/b-1s$ a $a/b+1s$

Para $A/B > a/b+1s$

$$f\left(\frac{A}{B}\right) = \left[\frac{A/B}{a/b} - 1\right] \cdot \frac{100 \cdot K}{CV\%}$$

Onde: A/B = relação entre a concentração de nutrientes A e B na população de não-referência; a/b = relação entre a concentração de nutrientes a e b na população de referência (normas); CV = coeficiente de variação para a relação (a/b) na norma DRIS; s = desvio padrão na relação; k e c = constante de sensibilidade.

3.5 Cálculo dos índices DRIS

Os cálculos dos índices DRIS foram realizados seguindo a fórmula geral proposta por Beaufils (1973), em que, para o nutriente A:

$$I\ DRIS\ A = \frac{\sum f\left(\frac{A}{B}\right) - \sum f\left(\frac{B}{A}\right)}{n}$$

n = número de funções DRIS de cada relação dual definida pelo critério de escolha da norma.

O índice de balanço nutricional (IBN) foi calculado por meio da soma do valor em módulo dos índices gerados na amostra. Esse IBN pode ser útil para indicar o estado nutricional da planta. Quanto maior o IBN, maior o desequilíbrio nutricional (BEAUFILS, 1973; MOURÃO FILHO, 2003). A média desse IBN gera o IBNm (Índice de balanço nutricional médio), conforme fórmula abaixo:

$$IBN = |I\ DRIS\ A| + |I\ DRIS\ B| + |I\ DRIS\ C| + \dots + |I\ DRIS\ N|$$

$$IBNm = \frac{IBN}{n}$$

Onde: n é o número de índices DRIS de nutrientes envolvidos na análise.

3.6 Estatística

As análises estatísticas foram realizadas com o uso do SAEG 9.1, e os demais cálculos do DRIS foram realizados com o uso da planilha do EXCEL® (2010) (MICROSOFT CORPORATION, 2010).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre os critérios para a escolha das normas, valor F (LETZSCH, 1985; WALWORTH e SUMNER, 1987) e valor r (NICK, 1998), houve concordância em 56% das relações duais, isso devido à diferença na forma de escolha das relações (Tabela 1).

A utilização de todas as relações duais (Tabela 1) é uma sugestão para determinação das normas DRIS que foi preconizado por Alvarez V. e Leite (1999). Segundo esses autores, devido às diferenças de resultados de diagnose nutricional observadas quando se utiliza a forma direta ou a inversa, gerando índices DRIS diferentes, a utilização de todas as relações duais seria uma forma de minimizar esse problema. Urano et al. (2006, 2007) utilizaram a transformação das relações duais por logaritmo natural, sendo utilizado da mesma forma por Serra et al. (2010a,b), essa transformação por logaritmo natural foi sugerida por Beverly (1987) com a finalidade de corrigir os desvios de simetria nas relações duais.

No procedimento de escolha das relações pelo valor r, a correlação entre relações duais e produtividade apresentou valores baixos, com o mínimo de $r = 0,02$, $p > 0,05$ e máximo de $r = 0,453$, $p < 0,01$, sendo utilizado coeficiente de correlação baixo em muitas relações, não sendo favorável a eficácia do sistema de diagnose.

Silveira et al. (2005b) observaram que a concordância na escolha das relações para compor a norma, quando utilizou o critério valor F e r, foi de apenas 18 de um total de 90 relações duais e que apenas 11 relações apresentaram $r > 0,40$. Ao estudar o método proposto por Nick (1998), valor r, na cultura do algodoeiro, Silva et al. (2009) registraram que o método era pouco eficiente, pois, o mesmo é pouco rigoroso na escolha das relações e que, a coincidência entre as relações duais para compor a norma foi de 40% entre o critério do valor F e r.

Tabela 1. Normas DRIS, segundo a metodologia de (JONES, 1981; LETZSCH, 1985; WALWORTH e SUMNER, 1987) (valor F), valor r (NICK, 1998) e todas as relações duais (TR).

Variável	Média	s	Critério			Variável	Média	s	Critério		
			r	F	TR				r	F	TR
N/P	15,1416	1,8617	X	X	X	S/B	0,1970	0,1001	X		X
N/K	2,2317	0,4022			X	S/Zn	0,4561	0,2180			X
N/Ca	1,5598	0,3095			X	S/Cu	1,2012	1,0183			X
N/Mg	10,5226	1,8856	X		X	S/Mn	0,2917	0,1646	X		X
N/S	4,5765	2,2252	X	X	X	S/Fe	0,1299	0,0691	X		X
N/B	0,7503	0,2404	X	X	X	B/N	1,4916	0,5351			X
N/Zn	1,6754	0,3502		X	X	B/P	22,6312	8,8362	X		X
N/Cu	3,9724	2,1953	X	X	X	B/K	3,3058	1,2388			X
N/Mn	1,0587	0,4183		X	X	B/Ca	2,2463	0,6303	X	X	X
N/Fe	0,4701	0,1493		X	X	B/Mg	15,3008	4,6670	X		X
P/N	0,0671	0,0087			X	B/S	6,3151	3,1483		X	X
P/K	0,1500	0,0354			X	B/Zn	2,4320	0,8360		X	X
P/Ca	0,1048	0,0265	X		X	B/Cu	6,1969	4,6239	X		X
P/Mg	0,7003	0,1316			X	B/Mn	1,5206	0,6858	X		X
P/S	0,3080	0,1597	X	X	X	B/Fe	0,6875	0,2750	X	X	X
P/B	0,0504	0,0181		X	X	Zn/N	0,6224	0,1281	X		X
P/Zn	0,1117	0,0251			X	Zn/P	9,3606	1,9666	X	X	X
P/Cu	0,2613	0,1369	X	X	X	Zn/K	1,3733	0,3150	X		X
P/Mn	0,0694	0,0246		X	X	Zn/Ca	0,9508	0,1766	X		X
P/Fe	0,0316	0,0112	X		X	Zn/Mg	6,4829	1,4814			X
K/N	0,4611	0,0758	X	X	X	Zn/S	2,7703	1,4366	X	X	X
K/P	6,9883	1,4438	X	X	X	Zn/B	0,4551	0,1419	X		X
K/Ca	0,7088	0,1301			X	Zn/Cu	2,4792	1,5065	X		X
K/Mg	4,8383	1,1228			X	Zn/Mn	0,6445	0,2446			X
K/S	2,0914	1,0735	X	X	X	Zn/Fe	0,2898	0,1007	X		X
K/B	0,3446	0,1226	X	X	X	Cu/N	0,3491	0,2056			X
K/Zn	0,7636	0,1646		X	X	Cu/P	5,2285	3,1722			X
K/Cu	1,7900	1,0192	X		X	Cu/K	0,7498	0,3941		X	X
K/Mn	0,4861	0,2024	X	X	X	Cu/Ca	0,5274	0,2854			X
K/Fe	0,2175	0,0769			X	Cu/Mg	3,7280	2,4233			X
Ca/N	0,6615	0,1095	X	X	X	Cu/S	1,6651	1,2996	X	X	X
Ca/P	10,0208	2,0527		X	X	Cu/B	0,2730	0,2010		X	X
Ca/K	1,4559	0,2605	X	X	X	Cu/Zn	0,5869	0,3864		X	X
Ca/Mg	6,9029	1,3999			X	Cu/Mn	0,3843	0,3414		X	X
Ca/S	2,8917	1,2685	X	X	X	Cu/Fe	0,1679	0,1328			X
Ca/B	0,4830	0,1436			X	Mn/N	1,1626	0,6971	X		X
Ca/Zn	1,0873	0,2011		X	X	Mn/P	17,1314	9,3481	X		X
Ca/Cu	2,5864	1,5065	X	X	X	Mn/K	2,5865	1,6147			X
Ca/Mn	0,6904	0,2674	X		X	Mn/Ca	1,7850	1,0510		X	X
Ca/Fe	0,3071	0,0926	X	X	X	Mn/Mg	11,6390	5,9153			X
Mg/N	0,0980	0,0173		X	X	Mn/S	5,4646	5,1483		X	X
Mg/P	1,4705	0,2403	X	X	X	Mn/B	0,8287	0,4293		X	X
Mg/K	0,2179	0,0517	X	X	X	Mn/Zn	1,9123	1,1921	X	X	X
Mg/Ca	0,1516	0,0351	X	X	X	Mn/Cu	4,6606	4,0784	X		X
Mg/S	0,4404	0,2311		X	X	Mn/Fe	0,5444	0,3329	X	X	X
Mg/B	0,0723	0,0256		X	X	Fe/N	2,3817	0,8848	X		X
Mg/Zn	0,1626	0,0387	X	X	X	Fe/P	36,101	14,2700		X	X
Mg/Cu	0,3909	0,2223	X	X	X	Fe/K	5,3725	2,5203	X	X	X
Mg/Mn	0,0994	0,0321	X	X	X	Fe/Ca	3,7003	1,6352			X
Mg/Fe	0,0464	0,0165		X	X	Fe/Mg	25,7109	13,4116	X		X
S/N	0,2829	0,1438			X	Fe/S	10,9353	7,3733		X	X
S/P	4,2903	2,2582			X	Fe/B	1,7883	0,9809			X
S/K	0,6233	0,3228			X	Fe/Zn	3,9554	1,6004		X	X
S/Ca	0,4192	0,1857			X	Fe/Cu	9,4342	6,2703	X	X	X
S/Mg	2,8927	1,3862	X		X	Fe/Mn	2,6114	1,7679			X

A eficácia tanto do critério de escolha das normas DRIS quanto das funções de cálculo pode ser avaliada pela relação do IBN e a produtividade (BEAUFILS, 1973; SILVEIRA et al., 2005b; NACHTIGALL et al., 2007). Espera que, quanto menor o IBN maior a produtividade, pois, dessa forma haveria menor desvio das relações duais da amostra com as normas, constatando maior equilíbrio nutricional.

A relação entre os IBN e a produtividade estão expostas nas Figuras 1, 2 e 3, em que, todos os coeficientes de determinação (R^2) foram significativos ($p < 0,01$). O R^2 variou entre 0,2422 a 0,4612, o que indica que outros fatores não nutricionais, e até mesmo nutricionais que não foram mensurados, estão influenciando na produtividade. Ao relacionar IBN e produtividade no capim-braquiária, Silveira et al. (2005a) observaram que o coeficiente de determinação esteve entre 0,39 a 0,74, ocasião em que pode confirmar a influência de outros fatores implicando na reposta da produtividade da planta.

Ao utilizar o critério de escolha das normas com todas as relações duais, pode se registrar que a função de cálculo do DRIS preconizada por Jones (1981) foi a que apresentou o maior ajuste entre IBN e a produtividade (Figura 1). Esse resultado repetiu para as normas com o critério do valor F e r (Figura 2 e 3).

Ao correlacionar os IBN gerados pelas diferentes combinações de métodos, foi possível verificar que independente da forma de escolha das relações duais para compor as normas, a correlação entre IBN gerados com as fórmulas de Beaufils (1973) *versus* Elwali e Gascho (1984) produziram maior valor de coeficiente de determinação, essa maior relação entre os métodos se deve a similaridade do cálculo das funções DRIS por ambos os métodos, sendo que, Elwali e Gascho (1984) modificaram a fórmula de Beaufils (1973) acrescentando um intervalo de ± 1 desvio padrão das relações duais das normas em que todas as relações duais nas amostras que situarem nessa faixa estaria com valores zero, dessa forma o IBN dos dois métodos se aproximam (Figura 1, 2 e 3).

Ao relacionar o IBN gerado pelo método de Beaufils (1973) e Elwali e Gascho (1984), Silva et al. (2009) observou que os dois métodos apresentavam um coeficiente de correlação (r) de 0,94, com as normas no critério de escolha das relações duais pelo valor F.

Os IBN gerados pela metodologia de Jones (1981) apresentam valores menores do que os observados por Beaufils (1973) e Elwali e Gascho (1984) Isso poderia ser interpretado como que Jones (1981) foi o método que observou menor desequilíbrio nutricional (Figura 1, 2 e 3). Wadt et al. (1999) registraram que, quanto

maior o IBN maior a capacidade do método em diagnosticar o estado nutricional da planta. Contudo, isso é verdade quando se utiliza apenas uma forma de cálculo das funções DRIS, mas, quando se compara as três formas de cálculo das funções DRIS é possível observar que, o maior valor do IBN é devido a superestimação das deficiências nutricionais ao utilizar a metodologia de Beaufils (1973) e Elwali e Gascho (1984) (Figura 4).

Dessa forma, os valores maiores de IBN surgem devido uma superestimação dos índices DRIS pelos dois métodos citados, e com a soma em módulos dos índices DRIS, o valor do mesmo será maior que o IBN gerado pela fórmula de Jones (1981) (Figura 1, 2 e 3), esse resultado com maior IBN não estaria na maior capacidade do método em apontar os desequilíbrios nutricionais e sim pela superestimação dos índices DRIS, fato que pode ser comprovado devido a maior eficácia do método de Jones (1981) em todas as combinações de metodologia, testadas (Figura 1, 2 e 3).

Pode-se registrar que o uso de todas as relações duais para compor as normas apresentaram valores semelhantes de R^2 , com maior concordância entre as relações de IBN. Contudo, foi possível registrar que o método de Jones (1981) manteve constante entre as normas testadas, com coeficiente de determinação próximos (Figura 1, 2 e 3).

O método de cálculo das funções DRIS definido por Jones (1981) teve como resultado valor maior de IBN, quando o critério de escolhas das normas DRIS foi pelo valor F, do que o valor r ou todas as relações duais. O que implica na maior sensibilidade em diagnosticar o estado nutricional da planta. Wadt et al. (1999) inferiu que, quanto maior o IBN obtido em um mesmo método de cálculo das funções DRIS, maior a eficiência do mesmo em indicar o desequilíbrio nutricional da planta.

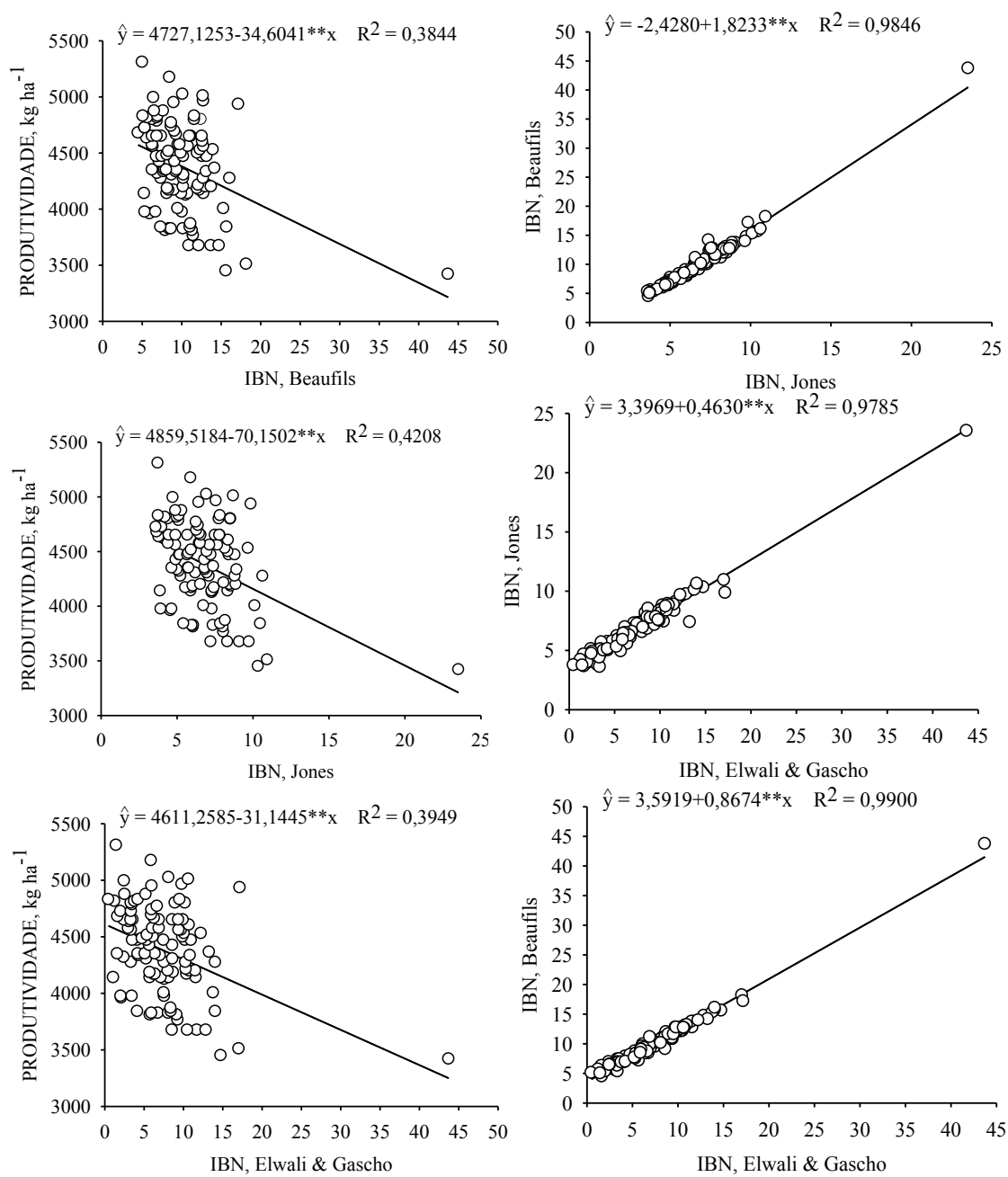


Figura 1. Relação entre IBN e produtividade, e entre os IBN desenvolvidos por Beaufils (1973), Jones (1981) e Elwali e Gascho (1984), com as normas definidas com todas as relações duais.

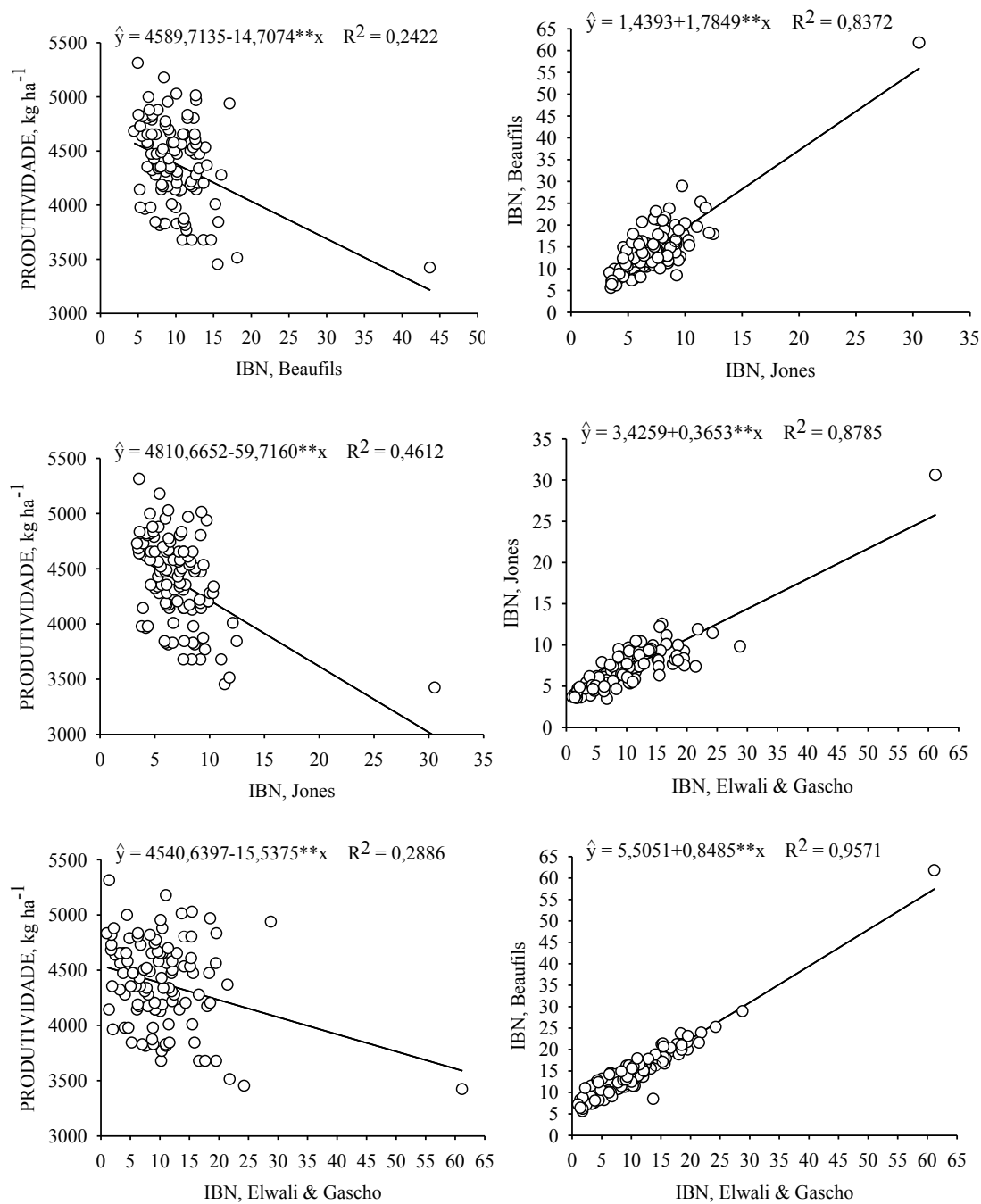


Figura 2. Relação entre IBN e produtividade, e entre os IBN desenvolvidos por Beaufils (1973), Jones (1981) e Elwali e Gascho (1984), com as normas definidas pelo critério valor F.

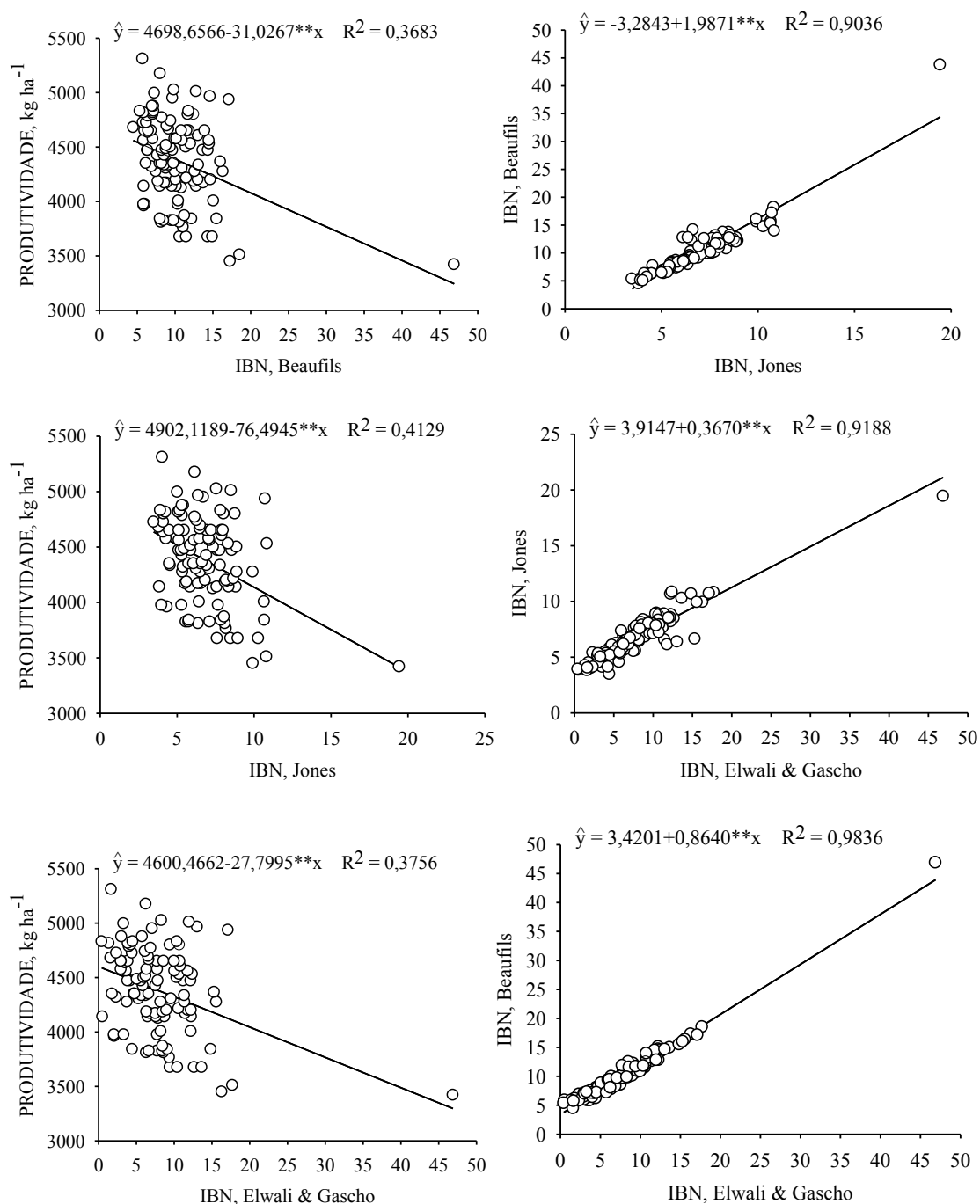


Figura 3. Relação entre IBN e produtividade, e entre os IBN desenvolvidos por Beaufils (1973), Jones (1981) e Elwali e Gascho (1984), com as normas definidas pelo critério do valor r.

O método de Beaufils (1973) para o cálculo das funções DRIS foi estudado por Alvarez V. e Leite (1999) ocasião em que os autores observaram que a fórmula de Beaufils (1973) levava a uma superestimação dos índices DRIS, quando a relação binária entre nutrientes (A/B) é menor que a relação da população de referência (a/b). Como Elwali e Gascho (1984) seguem a mesma fórmula de Beaufils (1973)

acrescentando apenas um intervalo com o desvio padrão, é de se esperar o mesmo comportamento (Figura 4).

Ao utilizar o método de Beaufils (1973) para o cálculo das funções DRIS, Guindani et al. (2009) constataram que o método superestimou as deficiências para os micronutrientes (Mn, B e Mo), os mesmos apresentaram ajuste de equações logarítmicas na análise de regressão entre os teores foliares e os índices DRIS.

É possível observar na Figura 4 que a fórmula de Jones (1981) apresenta um comportamento linear entre o grau de desvio da relação nutricional a partir do valor ótimo, sendo esse valor ótimo definido como zero, e o valor atribuído a respectiva função DRIS. Isso significa que o grau de desequilíbrio nutricional atribuído a um determinado nutriente é considerado constante nessa fórmula e é dado pela inclinação da reta entre a função DRIS e a respectiva relação bivariada (Figura 4). Essa constante é considerada a magnitude estudentizada dos desvios da variável bivariada em relação à média populacional, da população de referência (ALVAREZ V. e LEITE, 1999).

Para Elwali e Gascho (1984) é tido como equilibrada as lavouras que apresentam relações duais dentro da faixa que compreende mais ou menos 1 desvio padrão em relação ao valor ótimo da relação dual nas normas DRIS, o que pode ser observado na Figura 4, só a partir dessa faixa que é constatada deficiência ou excesso, a despeito desse intervalo, o comportamento da fórmula de Elwali e Gascho (1984) apresentaria o mesmo comportamento da fórmula de Beaufils (1973).

Hallmark et al. (1991) constataram nas fórmulas proposta por Beaufils (1973), um efeito linear para $A/B > a/b$ e, não linear, para $A/B < a/b$ e linear para as duas condições pela fórmula de Jones (1981), além de verificarem a superestimação dos desvios na fórmula de Beaufils (1973) para condição de $A/B < a/b$.

Devido à impossibilidade de representar todos os gráficos com a relação entre relações duais (A/B) e/ou (B/A) e suas funções DRIS $f(A/B$ e/ou B/A), foi definido algumas relações com o N e S, em cada critério de escolha das normas. No entanto, todas as relações apresentaram resultados semelhantes, entre os demais nutrientes (dados não apresentados). Como exemplo do comportamento dos métodos, observe o gráfico a seguir (Figura 4).

Devido o comportamento apresentado pela fórmula de Beaufils (1973) e Elwali e Gascho (1984), em que, quanto maior a diferença entre as relações duais da amostra em relação as normas, ocasião em que $A/B < a/b$, pode ocorrer dessas duas fórmulas superestimar a deficiência do nutriente que está no numerador, ou

superestimar o excesso dos nutrientes que estão no denominador da relação, sendo um resultado pouco favorável para a diagnose, fato que pode ser comprovado com a menor relação entre IBN e produtividade, quando se utilizou Beaufils (1973) e Elwali e Gascho (1984).

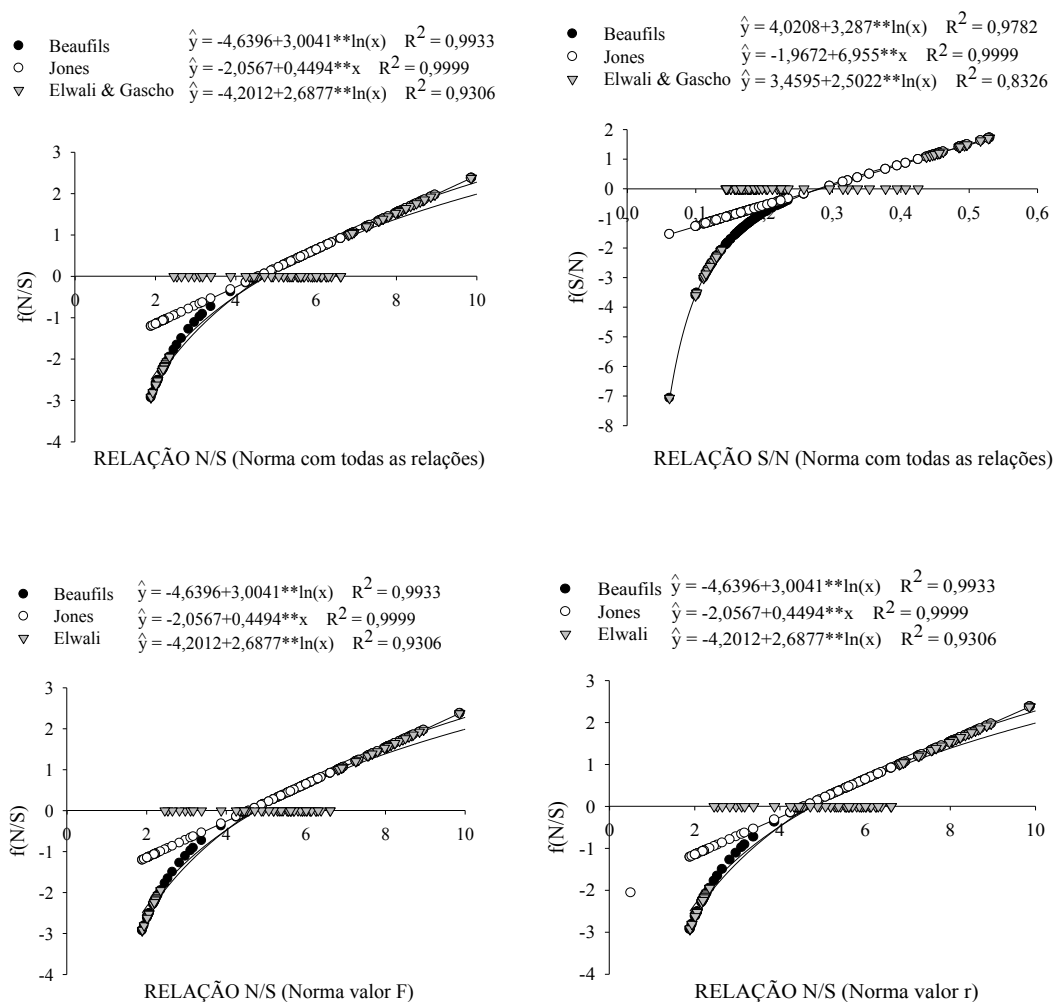


Figura 4. Relação entre as funções DRIS e a sua respectiva relação (N/S), em cada critério para definição das normas.

5 CONCLUSÃO

1. O método de cálculo das funções DRIS definidas por Beaufils e Elwali & Gascho superestimam as deficiências nutricionais, apresentando uma relação não linear entre as relações duais e as funções DRIS, sendo que, o método de Jones apresenta uma relação linear, entre essas variáveis.
2. A combinação de métodos mais eficaz foi à escolha das relações duais para compor as normas pelo valor F e o cálculo das funções DRIS pelo método preconizado por Jones.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ VENEGAS, V.H.; LEITE, R. de A. Fundamentos estatísticos das fórmulas usadas para cálculo dos índices DRIS. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.20-25, 1999.

BALDOCK, J.O.; SCHULTE, E.E. Plant analysis with standardized scores combines DRIS and sufficiency range approaches for corn. **Agronomy Journal**, v.88, n.3, p.448-456, 1996.

BAILEY, J.S.; RAMAKRISHNA, A.; KIRCHHOF, G. Na evaluation of nutritional constraints on sweetpotato (*Ipomoea batatas*) production in the central highlands of Papua New Guinea. **Plant and Soil**, v.316, p.97-105, 2009.

BEAUFILS, E.R. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). A general scheme of experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. South Africa: University of Natal, Pietermaritzburg. 1973. 132p. (Soil Science Bulletin, 1).

BEVERLY, R.B. Modified DRIS method for simplified nutrient diagnosis of ‘Valencia’ oranges. **Journal of plant Nutrition**, v.10, p.1401-1408, 1987.

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro nacional de pesquisa de solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: 2006. 169p.

GUILNDANI, R.H.P.; ANGHINONI, I.; NACHTIGALL, G.R. DRIS na avaliação do estado nutricional do arroz irrigado por inundação. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.33, p.109-118, 2009.

HALLMARK, W.B.; BEVERLY, R.B. Review – An update in the use of the Diagnosis and Recommendation Integrated System. **Journal of Fertilizer Issues**, v.8, p.74-88, 1991.

HUNDAL, H.S.; SINGH, D.; BRAR, J.S. Diagnosis and recommendation integrated system for monitoring nutrient status of mango trees in submountainous area of Punjab, India. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.36, n.15, p.2085-2099, 2005.

JONES, C.A. Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analyses. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.12, p.785-794, 1981.

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.

MCCRAY, J.M.; JI, S.; POWELL, G.; MONTES, G.; PERDOMO, R. Sugarcane Response to DRIS-Based Fertilizer Supplements in Florida. **Journal of Plant Nutrition**, v.196, p.66–75, 2010.

MALAVOLTA E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Princípios, métodos e técnicas de avaliação do estado nutricional. In: MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A., eds. **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.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2.ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889p.

MARUR, C.J.; RUANO, O. A reference system for determination of developmental stages of upland cotton. **Revista Oleaginosas e Fibrosas**, v.5, n.2, p.313-317, 2001.

MICROSOFT CORPORATION: Excel Software. Microsoft Corp., Redmond, WA. 2010.

MOURÃO FILHO, F.A.A.; AZEVEDO, J.C. DRIS norms for ‘Valencia’ sweet orange on three rootstocks. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.85-93, 2004.

NACHTIGALL, G.R.; DECHEN, A.R. DRIS norms for evaluating the nutritional state of apple tree. *ScientiaAgricola*, v.64, n.3, p.282-287, 2007a.

NACHTIGALL, G.R.; DECHEN, A.R. DRIS Use on apple orchard nutritional evaluation in response to potassium fertilization. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.38, n.17, p.2557-2566, 2007b.

NICK, J.A. DRIS para cafeeiros podados. Piracicaba:USP/ESALQ, 1998. 86p. (Dissertação - Mestrado).

PARENT, L.E.; DAFIR, M. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.117, p.239-242, 1992.

REIS JUNIOR, 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. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v.26, n.3, p.801-808, 2002

RAMAKRISHNA, A.; BAILEY, J.S.; KIRCHHOF, G.. A preliminary diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) model for diagnosing the nutrient status of sweet potato (*Ipomoea batatas*). **Plant and Soil**, v.316, p.107–116, 2009.

SEMA, A.; MAITI, C.S.; SINGH, A.K.; BENDANGSENGLA, A. DRIS nutrient norms for pineapple on alfisols of india. **Journal of Plant Nutrition**, v.33, n.9, p.1384-1399, 2010.

SERRA, A.P.; MARCHETTI, M.E.; VITORINO, A.C.T.; NOVELINO, J.O.; CAMACHO, M.A. Desenvolvimento de normas DRIS e CND e avaliação do estado

nutricional da cultura do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.34, n.1, p.97-104, 2010a.

SERRA, A.P.; MARCHETTI, M.E.; VITORINO, A.C.T.; NOVELINO, J.O.; CAMACHO, M.A. Determinação de faixas normais de nutrientes no algodoeiro pelos métodos CHM, CND e DRIS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.1, p.105-113, 2010b.

SILVA, M.A.C.; NATALE, W.; MALHEIROS, E.B.; PAVINATO, A. Estabelecimento e validação de normas DRIS para a cultura do algodão no centro-oeste do Brasil. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.31, n.1, p.93-99, 2009.

SILVA, G.G.C; NEVES, J.C.L.; ALVAREZ V., V.H.; LEITE, F.P. Nutritional diagnosis for eucalypt by DRIS, M-DRIS, and CND. **Scientia Agricola**, v.61, n.5, p.507-515, 2004.

SILVEIRA, C.P.; NACHTIGALL, G.R.; MONTEIRO, F.A. Norms for the diagnosis and recommendation integrated system for signal grass. **Scientia Agricola**, v.62, n.6, p.513-519, 2005a.

SILVEIRA, C.P.; NACHTIGALL, G.R.; MONTEIRO, F.A. Testing and validation of methods for the diagnosis and recommendation integrated system for signal grass. **Scientia Agricola**, v.62, n.6, p.520-527, 2005b.

SINGH, N.P.; AWASTHI, R.P.; SUD, A. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) norms for apple (*Malus x Domestica* Borkh. L. CV. Starking Delicious) in Himachal Pradesh. **Indian Journal of Horticultrae**, v.53, n.3, p.196-204, 2000.

SUMNER, M. E. Aplication 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.; KURIHARA, C.H.; MAEDA, S.; VITORINO, A.C.T., GONÇALVES, M.C.; MARCHETTI, M.E. Avaliação do estado nutricional da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.9, p.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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.63-72, 2007.

URRICARIET, S.; LAVADO, R.S.; MARTÍN, L. Corn response to fertilization and SR, DRIS, and PASS interpretation of leaf and grain analysis. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.35, n.3, p.413-425, 2004.

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, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1996. 123p. (Tese de Doutorado)

WADT, P.G.S.; NOVAIS, R.F. de; ALVAREZ VENEGAS, V.H.; FONSECA, S.; BARROS, N.F. de; DIAS, L.E. Três métodos de cálculo do DRIS para avaliar o potencial de resposta à adubação de árvores de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.661-666, 1998.

WADT, P.G.S.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BRAGANÇA, S.M.. Alternativas de aplicação do "DRIS" à cultura de café Conilon (*Coffea canephora* Pierre). **Scientia Agricola**, v.56 n.1, 1999.

WALWORTH, J.L.; SUMNER, M.E. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). **Advance in Soil Science**, v.6, p.149-188, 1987.

WALWORTH, J. L.; WOODDARD, H. J.; SUMNER, M. E. Generation os corn tissue norms from a small, high-yield data base. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.19, n.5, p.563-577, 1988.

CAPÍTULO 2: POTENCIAL DE RESPOSTA À ADUBAÇÃO PARA A INTERPRETAÇÃO DOS INDICES DRIS PARA O ALGODOEIRO

Autor: Dr Ademar Pereira Serra

Orientadora: Dr^a Marlene Estevão Marchetti

RESUMO

A cultura do algodoeiro apresenta alto custo com a utilização de fertilizantes e corretivos, dessa forma é interessante que se utilize sistemas de diagnose nutricional que tragam informações que contribuam para a utilização racional desses insumos. O objetivo nesse trabalho foi avaliar, se diferentes combinações de métodos para definição das normas e funções DRIS eram capazes de diagnosticar o estado nutricional do algodoeiro, e verificar o comportamento dessas combinações de métodos pela interpretação dos índices DRIS pelo potencial de resposta à adubação. Dados de produtividade, de talhões com média de 100 ha, e teores foliares (macro e micronutrientes) do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* r. *latifolium*) procedente da safra de 2004/2005, foram selecionados para compor a base de dados. O critério para definir a população de referência consistiu nos talhões que apresentavam valores acima da média + 0,5 desvio padrão (4.575 kg ha^{-1} de algodão em caroço). Independente da combinação de métodos para a determinação das normas e funções DRIS, a porcentagem de talhões que apresentaram nutricionalmente equilibrado, em relação a cada nutriente individual, foi superior aos desequilíbrios nutricionais. Pode se observar que o Ca foi o elemento que apresentou a maior porção de talhões como sendo equilibrado nutricionalmente. O método de determinação das normas denominado de valor F foi menos conservador na diagnose, apontando um número menor de talhões equilibrados, indicando maior desequilíbrio nutricional. Todas as combinações de métodos foram capazes de diagnosticar estado nutricional do algodoeiro.

Termos de indexação: Nutrição mineral, *Gossypium hirsutum* r *latifolium*, normas DRIS, funções DRIS, diagnose foliar.

NUTRIENT APPLICATION POTENTIAL RESPONSE TO INTERPRET THE DRIS INDEX FOR THE COTTON

Author: PhD Ademar Pereira Serra

Adviser: PhD Marlene Estevão Marchetti

ABSTRACT

The cotton crop has a high cost with the use of fertilization and thus it is interesting to use systems that bring nutrient diagnosis information to assist in the efficient use of these inputs. The aim of this study was to evaluate different combination of methodology for defining DRIS norms and functions, if it were able to diagnose the nutritional status of cotton, and verify the behavior of these combinations of methodologies for interpreting the DRIS index for the nutrient application potential response. Yield data of plots and foliar nutrient concentrations of the cotton crop from 2004 - 2005 crop season were selected to compose the database. The whole population was divided into a number of two sub-groups based on the average yield level obtained at grower's field (4,575 kg ha⁻¹ seed cotton as cut-off yield level to separate the sub-populations). Regardless of the combination of methods for the determination of DRIS norms and functions, the percentage of plots that were nutritionally balanced for each individual nutrient it was righter then nutritional imbalances. It may be noted that Ca was the element with the highest portion of plots to be nutritionally balanced. The method of determination of norms called by F value was less conservative in the diagnosis, pointing a smaller number of butchers balanced, and indicating higher nutritional imbalance. All combinations of methodologies were able to diagnose the nutritional status.

Index terms: Mineral nutrition, *Gossypium hirsutum* r *latifolium*, DRIS norms, DRIS functions, foliar diagnosis.

7 INTRODUÇÃO

A cultura do algodoeiro é a que apresenta um dos maiores custos de produção entre as culturas anuais, esse custo gira em torno de R\$ 4.034,65 por hectare em Campo Novo do Parecis-MT a R\$ 4.796,07 em Sapezal-MT, no sistema de cultivo convencional, para estimativa da safra 2008/2009, sendo 36% desse custo de produção estão relacionados à aplicação de fertilizantes e corretivos (RICHETTI, 2008).

Com esse elevado custo com fertilizantes e corretivos, é necessário que o programa de manejo das adubações e corretivos seja bem embasado a fim de evitar o excesso ou deficiência de nutrientes. Tendo em vista que a planta é considerada um extrator de nutrientes do solo, o advento da utilização da diagnose foliar pode fornecer informações importantes da extração de nutrientes pelas plantas, com a possível resposta da planta a adubação.

Contudo, vem se utilizando ferramentas de diagnose nutricional que trazem poucos resultados em condições de campo, sendo os sistemas mais utilizados para a diagnose definido como nível crítico e a faixa de suficiência (BALDOCK e SCHULTE, 1996).

Com a finalidade de corrigir os problemas observados pelos sistemas tradicionais de interpretação das análises foliares, Beaufils (1973) desenvolveu o sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS), que consiste na geração de normas ou valores de referência oriundos de dados de lavouras comerciais ou unidades experimentais.

No entanto, com o advento de sua criação, surgiram modificações na fórmula original de Beaufils, para o cálculo das funções DRIS, sendo a modificação realizada por Elwali e Gascho (1984) e a fórmula de Jones (1981) consideradas as mais consistentes, dentre outras. Contudo, houveram também adaptações na forma de definição das normas DRIS – média e desvio padrão das relações duais (N/P, P/N, N/K, K/N, etc.) da população de referência – havendo três critérios para definição das normas mais utilizados [valor F (BEAUFILS, 1973; JONES, 1981; LETZSCH, 1985; WALWORTH e SUMNER, 1987); valor r (NICK, 1998); todas as relações duais (ALVAREZ V. e LEITE, 1999)].

Com essas combinações de métodos, observa se que a determinação dos índices DRIS fica comprometida, pois, há diferença entre os índices DRIS quando se

utilizam uma ou outra combinação de métodos (WADT et al., 1998; SILVA et al., 2009).

Para cada nutriente que se deseja avaliar, o método DRIS fornece índices, positivos ou negativos, representando o efeito de cada nutriente no balanço nutricional da planta, quanto mais próximo de zero estiverem os índices dos elementos avaliados, mais próximo do equilíbrio nutricional estará a planta (BEAUFILS, 1973; JONES, 1981; BEVERLY, 1991), sendo esses índices oriundos da comparação das relações duais (N/P, P/N, N/K, K/N, etc.) da amostra a ser analisada com os valores de referência ou normas DRIS.

A interpretação dos índices DRIS pode ser realizada pela utilização do potencial de resposta a adubação (PRA), sendo tal critério desenvolvido por Wadt (1996) Esse critério de interpretação consiste na utilização de cinco categorias de PRA, comparando os índices DRIS de cada nutriente na amostra com o IBN médio, da mesma amostra. Consistindo o agrupamento de tais categorias em: resposta a adubação positiva, com alta probabilidade (p); positiva, com baixa probabilidade (pz); nula (z); negativa, com baixa probabilidade (nz); e negativa, com alta probabilidade (n) (WADT, 1996).

O objetivo nesse trabalho foi avaliar se diferentes combinações de métodos para definição das normas e funções DRIS eram capazes de diagnosticar o estado nutricional do algodoeiro, e verificar essas combinações de métodos pela interpretação dos índices DRIS pelo potencial de resposta à adubação.

8 REVISÃO DE LITERATURA

8.1 Aspectos gerais do DRIS

O Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) desenvolvido por (BEAUFILS, 1973) permite identificar a ordem de limitação nutricional, sendo possível agrupar os nutrientes desde o mais limitante por deficiência até o mais limitante por excesso.

Para que seja realizada a avaliação do estado nutricional das plantas pelo método DRIS é necessário que se relacionem os nutrientes de forma bivariada (N/P, P/N, N/K, K/N, etc.) formando um padrão a ser utilizado para a diagnose, que costumeiramente é denominada de normas DRIS - média e desvio padrão das relações duais em uma população de alta produtividade.

O uso dessas relações veio para minimizar o efeito de diluição e concentração que pode haver com os nutrientes no tecido vegetal, pois, com a relação dual o efeito de acúmulo de biomassa estaria sendo minimizado (BEAUFILS, 1973; WALWORTH e SUMNER, 1987).

As normas DRIS podem ser obtidas por diferentes critérios de escolha das relações duais, sendo que as relações entre nutrientes podem ser selecionadas pela forma direta (N/P) ou inversa (P/N). Dentre os diversos critérios que podem ser encontrados na literatura, o do valor F (JONES, 1981) é o mais utilizado, havendo também o preconizado por Nick (1998) como valor r , ou até mesmo a utilização de todas as relações duais (BATAGLIA e SANTOS, 1990; ALVAREZ V. e LEITE, 1999).

Wadt et al. (1999) relataram que qualquer relação dual entre nutrientes pode ser utilizada, para a determinação dos índices DRIS, desde que seja potencialmente útil ao diagnóstico. Ressaltando ainda que a definição de uma relação em ser ou não útil baseia-se em parâmetros estatísticos entre a população de referência e a de baixa produtividade, ou seja, a relação entre as variâncias das populações (valor F), assim como foi utilizado por Beaufils (1973); Jones (1981); Elwali e Gascho (1987).

No sistema de diagnose DRIS, para cada nutriente na análise é calculado o índice DRIS e a partir desse índice é realizada a interpretação do estado nutricional da planta. Para obter os índices DRIS é necessário que se calculem a priori as funções DRIS, que seriam os desvios das relações duais (A/B) das amostras com relação às mesmas relações das normas (a/b). O cálculo das funções DRIS pode ser realizado por

três fórmulas, que são utilizadas com frequência na literatura (BEAUFILS, 1973; JONES, 1981; ELWALI e GASCHO, 1984).

O cálculo dos índices DRIS é realizado pelo somatório das funções DRIS envolvidas na análise do nutriente que se deseja realizar o cálculo, assim como preconizado por Beaufils (1973):

$$I_{DRIS\ A} = \frac{\sum f\left(\frac{A}{B}\right) - \sum f\left(\frac{B}{A}\right)}{n}$$

n = número de funções DRIS em que o nutriente A está envolvido.

8.2 Interpretação do estado nutricional por meio dos índices DRIS

A interpretação dos índices DRIS consiste na identificação dos nutrientes que estão limitando a produtividade, dos que apresentam em equilíbrio nutricional ou não limitantes. Os índices DRIS podem apresentar valores todos nulos ou com valores nulos, positivos e negativos. No entanto, a probabilidade de se ter valores todos nulo é pequena, pois, seria necessário que todas as relações duais apresentasse o mesmo valor médio das normas. O que ocorre nas condições de análise com o sistema DRIS é a presença de valores nulos, positivos e negativos (BEAUFILS, 1973).

Os valores nulos significam que na média os desvios para um determinado nutriente, são equidistantes e anulam-se na expressão do valor final para o índice DRIS. Diz-se, portanto, que o referido nutriente está em situação de equilíbrio nutricional (WALWORTH e SUMNER, 1984).

Com a determinação dos índices DRIS é necessário interpretar esses valores positivos e negativos de um determinado nutriente, que seria uma situação em que o nutriente estaria em excesso (+) ou em deficiência (-).

8.3 Interpretação pela ordem dos valores dos índices DRIS

O método usual que é utilizado para a interpretação dos índices DRIS consiste na ordenação dos valores dos índices, ordenando-se do mais limitante por deficiência ao mais limitante por excesso.

Por esse método de ordenação dos índices preconiza que, o nutriente de índice DRIS menor e negativo tem sido considerado o mais limitante; o segundo menor, o segundo mais limitante por deficiência e assim sucessivamente, até o mais limitante por

excesso, que teria o índice DRIS maior e positivo (WALWORTH e SUMNER, 1987; BATAGLIA e SANTOS, 1990). Esse critério tem sido usado tanto para avaliar a acurácia do método (JONES, 1981) como para levantamentos nutricionais, quando se tem o DRIS como ferramenta para a identificação de classes de distribuição das lavouras quanto ao seu estado nutricional (BEAUFILS, 1973; EYMAR et al., 2001; HUNDAL et al., 2005; SILVA et al., 2009; SEMA et al., 2010).

8.4 Interpretação dos índices DRIS pelo potencial de resposta à adubação

A interpretação dos índices DRIS pelo potencial de resposta à adubação, foi originada por Wadt (1996). Esse método de interpretação consiste no agrupamento de cinco categorias de expectativa de resposta à adubação, por meio da comparação dos índices DRIS de cada nutriente com o índice de balanço nutricional médio (IBNm), que consiste na média aritmética do módulo de todos os índices DRIS. O IBNm foi escolhido por ser um valor que reflete a média dos desvios de cada relação dual em relação ao valor de referência (WADT, 1996), como pode ser visto na Tabela 2.

O nutriente em estado de “mais deficiente” representa a situação em que há maior probabilidade de resposta positiva com a adição do nutriente. Esta resposta positiva deve ser representada por maior produtividade da lavoura, ou pela melhoria da qualidade do produto agrícola em um grau comercialmente desejado. Por sua vez, o estado de “deficiente” indica também que há probabilidade de aumento da produtividade da lavoura com a aplicação do nutriente, porém, esta probabilidade é menor do que a do nutriente com maior grau de deficiência (“mais deficiente”) (WADT, 1996).

O estado “equilibrado” indica que não se espera resposta da lavoura em relação à aplicação do nutriente, ou seja, haveria ausência de resposta da lavoura ou uma resposta “nula”. O nutriente em estado de “maior excesso” representa a situação em que a aplicação do nutriente poderá resultar em resposta negativa quanto à produtividade da lavoura, ou seja, diminuição da produtividade. Finalmente, o estado de “excesso” indica que a adição do nutriente também poderá resultar em resposta negativa da lavoura quanto a sua produtividade, mas que este efeito sobre a produtividade poderá ser controlado pelo nutriente em maior excesso (WADT, 1996).

Tabela 1. Critério para interpretação dos índices DRIS (I DRIS) pelo potencial de resposta à adubação (PRA[†]) (WADT, 1996).

Estado nutricional	Critério	Tipo de resposta à adubação
Mais deficiente	$I\ DRIS\ A < 0$, $ I\ DRIS\ A > IBNm^{††}$ e I_A é o índice de menor valor.	Positiva, com alta probabilidade (p)
Deficiente	$I\ DRIS\ A < 0$ e $ I\ DRIS\ A > IBNm$	Positiva, com baixa probabilidade (pz)
Equilibrado	$ I\ DRIS\ A \leq IBNm$	Nula (z)
Em excesso	$I\ DRIS\ A > 0$ e $ I\ DRIS\ A > IBNm$	Negativa, com baixa probabilidade (nz)
Em maior excesso	$I\ DRIS\ A > 0$, $ I\ DRIS\ A > IBNm$ e I_A é o índice de maior valor.	Negativa, com alta probabilidade (n)

[†]O PRA foi calculado conforme Wadt (1996).

^{††}IBNm = Índice de Balanço Nutricional médio.

Conforme preconizado por Wadt (1996) o conceito central para a adição do nutriente, pelo potencial de resposta à adubação, é que este acréscimo deve ser considerado como um ajuste na adubação. Por exemplo, ao se afirmar que o nutriente está em estado de equilíbrio e que adicioná-lo à lavoura não resultará em melhoria da produtividade, não significa que esse nutriente deverá ser excluído da recomendação de adubação, mas sim que deverá ser mantida a adubação com as mesmas dosagens que vinham sendo utilizadas (Tabela 2).

Para a extração de N no solo, os extratores que vem sendo utilizados não apresentam uma boa correlação entre os teores extraídos com o crescimento das plantas ou as quantidades absorvidas, sendo as recomendações de adubação originadas de tabelas de adubação que são construídas por meio de curvas de resposta médias, geradas em condições de campo, com dados de vários ensaios e diferentes locais (CANTARELLA, 2007). Dessa forma se espera que o sistema de diagnose permita ajustes na quantidade de cada nutriente a ser aplicado, tendo na interpretação dos

índices DRIS pelo potencial de resposta à adubação uma ferramenta útil para tal propósito.

A diagnose nutricional viria a ser uma ferramenta complementar para a recomendação da necessidade nutricional da cultura, contudo, não se pode descartar o uso da análise de solo, pois a mesma é indispensável para verificar a evolução da fertilidade do solo, e capacidade de suprir nutrientes (WADT, 1996).

Tabela 2. Significado prático do potencial de resposta à adubação em relação à interpretação dos valores dos índices DRIS obtidos da diagnose foliar de plantas (WADT, 1996).

Tipo de resposta à adubação	Significado prático
Positiva, com alta probabilidade (p)	A planta apresenta alta probabilidade de aumentar a produtividade se for adicionada maior quantidade do nutriente na adubação usual. A disponibilidade do nutriente avaliado é insuficiente para o bom desenvolvimento da cultura.
Positiva, com baixa probabilidade (pz)	A planta apresenta média probabilidade de aumentar a produtividade se for adicionada maior quantidade do nutriente na adubação básica. A disponibilidade do nutriente avaliado pode ser insuficiente para o bom desenvolvimento da cultura.
Nula (z)	O nutriente avaliado está equilibrado e qualquer alteração em seu fornecimento não deve refletir em melhoria do estado nutricional da cultura ou em maiores produtividades.
Negativa, com baixa probabilidade (nz)	A planta apresenta média probabilidade de diminuir a produtividade se for adicionada maior quantidade do nutriente na adubação básica. A disponibilidade do nutriente avaliado pode ser excessiva para o bom desenvolvimento da cultura.
Negativa, com alta probabilidade (n)	A planta apresenta alta probabilidade de diminuir a produtividade se for adicionada maior quantidade do nutriente na adubação básica. A disponibilidade do nutriente avaliado é excessiva para o bom desenvolvimento da cultura.

9 MATERIAL E MÉTODOS

9.1 Local de coleta

Este trabalho foi realizado com dados oriundos de lavouras comerciais de algodão, no ano agrícola de 2004/2005, na região Sul do Mato Grosso, em torno das coordenadas geográficas 12° 41'S e 45° 40'W, com altitude média de 497 m. O solo da região de estudo é predominantemente constituído por Latossolo Vermelho distroférico. As lavouras foram conduzidas em sistema de plantio convencional. As variedades que compuseram a base de dados foram: DeltaOpal, DeltaPenta, DeltaPine Acala 90, CNPA ITA 90, FiberMax 966.

9.2 Formação da base de dados

Foram utilizadas para compor a base de dados 108 amostras compostas de folhas completas (limbo + pecíolo), sendo que cada uma dessas amostras foi formada por 30 amostras simples selecionadas aleatoriamente em cada talhão comercial que apresentava uma área média de 100 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 e Ruano (2001). As amostras foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, até peso constante e passadas em moinho com peneira de 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, Zn, Cu, Mn e Fe, conforme metodologia descrita em Malavolta et al. (1997). As informações utilizadas para a formação da base de dados e para o desenvolvimento do DRIS foram os teores totais de macronutrientes (g kg⁻¹) e micronutrientes (mg kg⁻¹) nas folhas e a produtividade de algodão em caroço (kg ha⁻¹). A base de dados foi dividida em duas subpopulações, utilizando a média + 0,5 desvio padrão como critério para separar as subpopulações (SILVA et al., 2005; URANO et al., 2006; URANO et al., 2007), uma com produtividade acima de 4.575 kg ha⁻¹ (média + 0,5 desvio padrão),

sendo essa a população de referência, e outra com produtividade abaixo de 4.575 kg ha⁻¹ (população de não referência).

9.3 Critérios para determinação das normas DRIS

Foram testados três critérios para determinação das normas DRIS (média e desvio padrão das relações entre nutrientes na população de referência), sendo o critério determinado por “valor F” (JONES, 1981; LETZSCH 1985; WALWORTH e SUMNER, 1987), “valor r” (NICK, 1998), e as normas considerando todas as relações duais, tanto na forma direta (A/B) quanto na forma inversa (B/A).

A determinação da relação (A/B ou B/A) para compor a norma pelo método da razão das variâncias - valor F - foi definida com a relação entre as variâncias, da população de baixa produtividade (não-referência) e de alta produtividade (referência), foi escolhida a ordem da relação que apresentou a maior razão de variâncias (S²), da seguinte forma:

Se:

$$\left[\frac{S^2 \left(\frac{A}{B} \right)_{\text{população não referência}}}{S^2 \left(\frac{A}{B} \right)_{\text{população referência}}} \right] > \left[\frac{S^2 \left(\frac{B}{A} \right)_{\text{população não referência}}}{S^2 \left(\frac{B}{A} \right)_{\text{população referência}}} \right]$$

Então: relação que irá compor a norma = A/B.

Se:

$$\left[\frac{S^2 \left(\frac{A}{B} \right)_{\text{população não referência}}}{S^2 \left(\frac{A}{B} \right)_{\text{população referência}}} \right] < \left[\frac{S^2 \left(\frac{B}{A} \right)_{\text{população não referência}}}{S^2 \left(\frac{B}{A} \right)_{\text{população referência}}} \right]$$

Então: relação que irá compor a norma = B/A

Sendo que:

$S^2 \left(\frac{A}{B} \right)_{\text{população referência}}$: variância dos valores A/B na população de referência;

$S^2 \left(\frac{A}{B} \right)_{população\ não\ referência}$: variância dos valores A/B na população de não-referência;

$S^2 \left(\frac{B}{A} \right)_{população\ referência}$: variância dos valores B/A na população de referência;

$S^2 \left(\frac{B}{A} \right)_{população\ não\ referência}$: variância dos valores B/A na população de não-referência.

O segundo método consistiu no valor r , sendo esse método determinado pela correlação de Pearson (r) entre as relações duais (A/B e B/A) e a produtividade, na população de referência. Dessa forma a relação que obteve o maior valor de correlação - em módulo - com a produtividade foi selecionada para compor as normas.

O terceiro método consistiu da utilização de todas as relações duais, sem discriminar nenhuma relação por qualquer forma, utilizando as relações duais na forma direta e inversa (Tabela 3).

Tabela 3. Normas DRIS, segundo a metodologia de (LETZSCH 1985; WALWORTH e SUMNER, 1987) (valor F), valor r (NICK, 1998) e todas as relações duais (TR).

Variável	Média	s	Critério			Variável	Média	s	Critério		
			r	F	TR				r	F	TR
N/P	15,1416	1,8617	X	X	X	S/B	0,1970	0,1001	X		X
N/K	2,2317	0,4022			X	S/Zn	0,4561	0,2180			X
N/Ca	1,5598	0,3095			X	S/Cu	1,2012	1,0183			X
N/Mg	10,5226	1,8856	X		X	S/Mn	0,2917	0,1646	X		X
N/S	4,5765	2,2252	X	X	X	S/Fe	0,1299	0,0691	X		X
N/B	0,7503	0,2404	X	X	X	B/N	1,4916	0,5351			X
N/Zn	1,6754	0,3502		X	X	B/P	22,6312	8,8362	X		X
N/Cu	3,9724	2,1953	X	X	X	B/K	3,3058	1,2388			X
N/Mn	1,0587	0,4183		X	X	B/Ca	2,2463	0,6303	X	X	X
N/Fe	0,4701	0,1493		X	X	B/Mg	15,3008	4,6670	X		X
P/N	0,0671	0,0087			X	B/S	6,3151	3,1483		X	X
P/K	0,1500	0,0354			X	B/Zn	2,4320	0,8360		X	X
P/Ca	0,1048	0,0265	X		X	B/Cu	6,1969	4,6239	X		X
P/Mg	0,7003	0,1316			X	B/Mn	1,5206	0,6858	X		X
P/S	0,3080	0,1597	X	X	X	B/Fe	0,6875	0,2750	X	X	X
P/B	0,0504	0,0181		X	X	Zn/N	0,6224	0,1281	X		X
P/Zn	0,1117	0,0251			X	Zn/P	9,3606	1,9666	X	X	X
P/Cu	0,2613	0,1369	X	X	X	Zn/K	1,3733	0,3150	X		X
P/Mn	0,0694	0,0246		X	X	Zn/Ca	0,9508	0,1766	X		X
P/Fe	0,0316	0,0112	X		X	Zn/Mg	6,4829	1,4814			X
K/N	0,4611	0,0758	X	X	X	Zn/S	2,7703	1,4366	X	X	X
K/P	6,9883	1,4438	X	X	X	Zn/B	0,4551	0,1419	X		X
K/Ca	0,7088	0,1301			X	Zn/Cu	2,4792	1,5065	X		X
K/Mg	4,8383	1,1228			X	Zn/Mn	0,6445	0,2446			X
K/S	2,0914	1,0735	X	X	X	Zn/Fe	0,2898	0,1007	X		X
K/B	0,3446	0,1226	X	X	X	Cu/N	0,3491	0,2056			X
K/Zn	0,7636	0,1646		X	X	Cu/P	5,2285	3,1722			X
K/Cu	1,7900	1,0192	X		X	Cu/K	0,7498	0,3941		X	X
K/Mn	0,4861	0,2024	X	X	X	Cu/Ca	0,5274	0,2854			X
K/Fe	0,2175	0,0769			X	Cu/Mg	3,7280	2,4233			X
Ca/N	0,6615	0,1095	X	X	X	Cu/S	1,6651	1,2996	X	X	X
Ca/P	10,0208	2,0527		X	X	Cu/B	0,2730	0,2010		X	X
Ca/K	1,4559	0,2605	X	X	X	Cu/Zn	0,5869	0,3864		X	X
Ca/Mg	6,9029	1,3999			X	Cu/Mn	0,3843	0,3414		X	X
Ca/S	2,8917	1,2685	X	X	X	Cu/Fe	0,1679	0,1328			X
Ca/B	0,4830	0,1436			X	Mn/N	1,1626	0,6971	X		X
Ca/Zn	1,0873	0,2011		X	X	Mn/P	17,1314	9,3481	X		X
Ca/Cu	2,5864	1,5065	X	X	X	Mn/K	2,5865	1,6147			X
Ca/Mn	0,6904	0,2674	X		X	Mn/Ca	1,7850	1,0510		X	X
Ca/Fe	0,3071	0,0926	X	X	X	Mn/Mg	11,6390	5,9153			X
Mg/N	0,0980	0,0173		X	X	Mn/S	5,4646	5,1483		X	X
Mg/P	1,4705	0,2403	X	X	X	Mn/B	0,8287	0,4293		X	X
Mg/K	0,2179	0,0517	X	X	X	Mn/Zn	1,9123	1,1921	X	X	X
Mg/Ca	0,1516	0,0351	X	X	X	Mn/Cu	4,6606	4,0784	X		X
Mg/S	0,4404	0,2311		X	X	Mn/Fe	0,5444	0,3329	X	X	X
Mg/B	0,0723	0,0256		X	X	Fe/N	2,3817	0,8848	X		X
Mg/Zn	0,1626	0,0387	X	X	X	Fe/P	36,101	14,2700		X	X
Mg/Cu	0,3909	0,2223	X	X	X	Fe/K	5,3725	2,5203	X	X	X
Mg/Mn	0,0994	0,0321	X	X	X	Fe/Ca	3,7003	1,6352			X
Mg/Fe	0,0464	0,0165		X	X	Fe/Mg	25,7109	13,4116	X		X
S/N	0,2829	0,1438			X	Fe/S	10,9353	7,3733		X	X
S/P	4,2903	2,2582			X	Fe/B	1,7883	0,9809			X
S/K	0,6233	0,3228			X	Fe/Zn	3,9554	1,6004		X	X
S/Ca	0,4192	0,1857			X	Fe/Cu	9,4342	6,2703	X	X	X
S/Mg	2,8927	1,3862	X		X	Fe/Mn	2,6114	1,7679			X

9.4 Métodos de cálculo para as funções DRIS

Além dos critérios para definição das normas, foram também avaliados os métodos de cálculo das funções DRIS. Em cada amostra a ser avaliada, os desvios das relações duais (A/B) e/ou (B/A) foram calculados em relação aos valores médios dos mesmos quocientes, na população de referência, sendo as funções DRIS determinadas de acordo com o método de Beaufils (1973), Jones (1981) e Elwali e Gascho (1984).

Beaufils (1973):

Para $A/B < a/b$;

$$f\left(\frac{A}{B}\right) = \left[1 - \frac{a/b}{A/B}\right] \cdot \frac{100 \cdot K}{CV\%}$$

$f(A/B)=0$, para $A/B = a/b$

Para $A/B > a/b$;

$$f\left(\frac{A}{B}\right) = \left[\frac{A/B}{a/b} - 1\right] \cdot \frac{100 \cdot K}{CV\%}$$

Jones (1981):

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

Elwali e Gascho (1984):

Para $A/B < a/b-1s$

$$f\left(\frac{A}{B}\right) = \left[1 - \frac{a/b}{A/B}\right] \cdot \frac{100 \cdot K}{CV\%}$$

$f(A/B)=0$, para o intervalo entre $a/b-1s$ a $a/b+1s$

Para $A/B > a/b+1s$

$$f\left(\frac{A}{B}\right) = \left[\frac{A/B}{a/b} - 1\right] \cdot \frac{100 \cdot K}{CV\%}$$

Onde: A/B = relação entre a concentração de nutrientes A e B na população de não-referência; a/b = relação entre a concentração de nutrientes a e b na norma; CV = coeficiente de variação para a relação na norma DRIS; s = desvio padrão na relação; k e c = constante de sensibilidade.

9.5 Cálculo dos índices DRIS

Os cálculos dos índices DRIS para as normas foram realizados seguindo a fórmula geral proposta por Beaufils (1973), em que, para o nutriente A:

$$I_{DRIS\ A} = \frac{\sum f\left(\frac{A}{B}\right) - \sum f\left(\frac{B}{A}\right)}{n}$$

n = número de funções DRIS de cada relação dual definida pelo critério de escolha da norma.

O índice de balanço nutricional (IBN) foi calculado por meio da soma do valor em módulo dos índices gerados na amostra. Esse IBN pode ser útil para indicar o estado nutricional da planta. Quanto maior o IBN, maior o desequilíbrio nutricional (BEAUFILS, 1973; MOURÃO FILHO, 2003). A média desse IBN gera o IBNm, conforme fórmula abaixo:

$$IBN = |I_{DRIS\ A}| + |I_{DRIS\ B}| + |I_{DRIS\ C}| + \dots + |I_{DRIS\ N}|$$

$$IBNm = \frac{IBN}{n}$$

Onde: n é o número de índice DRIS de nutrientes envolvidos na análise.

9.6 Interpretação dos índices DRIS pelo potencial de resposta à adubação

A interpretação dos índices DRIS foi realizada tendo-se classificado os nutrientes de acordo com o potencial de resposta à adubação (PRA) (WADT, 1996) (Tabela 4).

Tabela 4. Critérios para determinação do potencial de resposta à adubação (PRA).

Critério	Tipo de resposta à adubação
$I_{DRIS\ A} < 0$, $ I_{DRIS\ A} > IBNm$ e I_A é o índice de menor valor.	Positiva, com alta probabilidade (p)
$I_{DRIS\ A} < 0$ e $ I_{DRIS\ A} > IBNm$	Positiva, com baixa probabilidade (pz)
$ I_{DRIS\ A} \leq IBNm$	Nula (z)
$I_{DRIS\ A} > 0$ e $ I_{DRIS\ A} > IBNm$	Negativa, com baixa probabilidade (nz)
$I_{DRIS\ A} > 0$, $ I_{DRIS\ A} > IBNm$ e I_A é o índice de maior valor.	Negativa, com alta probabilidade (n)

O PRA foi calculado conforme Wadt (1996).

A avaliação do potencial de resposta à adubação das variáveis testadas foi comparada pela frequência de diagnoses concordantes (SILVA et al., 2005), obtido por meio das normas definidas pelo valor F, r e todas as relações.

9.7 Estatística

Para as combinações entre as metodologias de determinação das normas DRIS e funções de cálculo dos índices DRIS verificaram-se a hipótese de que a frequência com que cada nutriente ocorreu com resposta positiva à adubação e com alta probabilidade de resposta (p) tenha sido atribuída ao acaso. Para isso, utilizou-se o teste de qui-quadrado (χ^2) de ajustamento, a 1% de probabilidade, com n-1 graus de liberdade (n = número de nutrientes analisados). Se verdadeira a hipótese considerada, as frequências observadas para todos os nutrientes com potencial de resposta positivo a adubação e com alta probabilidade seriam estatisticamente iguais entre si (URANO et al., 2006; SERRA et al., 2010a). As frequências esperadas (FE) e observadas (FO) foram calculadas da seguinte forma:

$$FE(\%) = \left[\left(\frac{n^0 \text{ total de talhões avaliados}}{n^0 \text{ de nutrientes avaliados}} \right) / (n^0 \text{ total de talhões avaliados}) \right] \cdot 100$$

$$FO(\%) = \left(\frac{n^0 \text{ de talhões em que o nutriente foi } (p)}{n^0 \text{ total de talhões avaliados}} \right) \cdot 100$$

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \left[\frac{(FOi - FEi)^2}{FEi} \right]$$

As análises estatísticas foram realizadas com o uso do SAEG 9.1, e os demais cálculos do DRIS foram realizados com o uso da planilha do EXCEL® (2010) (MICROSOFT CORPORATION, 2010).

10 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interpretação dos índices DRIS gerados pelas diferentes combinações de métodos foi realizada pelo critério determinado por Wadt (1996) como potência de resposta à adubação (PRA), esse critério de interpretação consiste na utilização do IBN médio, sendo que valores de índice DRIS de um determinado nutriente que esteja acima do IBNm estaria com resposta negativa a adubação (nz ou n) e valores abaixo do IBNm resposta positiva a adubação (pz ou p) (Figura 5 e 6).

Para verificar se as combinações de métodos foram eficientes em diagnosticar o PRA positivo e com alta probabilidade de resposta (p), foi aplicado o teste de qui-quadrado de Pearson a 1% de probabilidade, o qual indicou que todas as combinações de métodos foram capazes de diagnosticar o estado nutricional, para o potencial de resposta a adubação positiva e com alta probabilidade de resposta (p) (Tabela 5). Assim, foi rejeitada a hipótese de que as frequências observadas, com o nutriente a ser o mais limitante (p), eram iguais para todos os nutrientes e aceitou a de que as combinações de métodos foram capazes de diagnosticar diferenças de probabilidade de resposta positiva à adubação (Tabela 5).

Tabela 5. Valores das frequências observadas e esperada do qui-quadrado para a combinação entre metodologias de determinação das normas DRIS e funções DRIS, pela resposta na frequência observada do potencial de resposta a adubação positivo, com alta probabilidade (p).

Critério para definição das normas DRIS									
-Todas as relações duais--			-----Valor F-----			-----Valor r-----			
1	2	3	1	2	3	1	2	3	
FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO
N	0,0	0,0	1,43	0,0	0,0	1,43	0,0	0,0	1,43
P	2,86	2,86	2,86	4,29	4,29	5,71	2,86	4,29	2,86
K	4,29	5,71	8,57	4,29	4,29	7,14	5,71	5,71	7,14
Ca	4,29	5,71	7,14	2,86	2,86	8,57	4,29	7,14	8,57
Mg	10,0	11,43	11,43	5,71	10,0	5,71	10,0	8,57	11,43
S	25,71	21,43	21,43	20,0	17,14	28,57	24,29	22,86	25,71
B	14,29	15,71	14,29	10,0	18,57	15,71	20,0	15,71	14,29
Zn	7,14	11,43	17,14	4,29	10,0	5,71	8,57	8,57	12,86
Cu	18,57	12,86	5,71	31,43	15,71	10,0	11,43	18,57	5,71
Mn	8,57	7,14	4,29	7,14	12,86	2,86	8,57	8,57	4,29
Fe	4,29	5,71	4,29	10,0	4,29	7,14	2,86	1,43	5,71
-----FE = 9,09-----									
χ^2	64,35**	38,30**	44,53**	90,82**	37,22**	57,62**	51,86**	57,04**	50,04**

FO e FE correspondem às frequências observada e esperada, respectivamente. **, $p < 0,01$. Critério para o cálculo dos índices DRIS (1) Beaufils (1973); (2) Jones (1981); (3) Elwali e Gascho (1984).

Independente da combinação de métodos para a determinação das normas e cálculo das funções DRIS, a porcentagem de talhões nutricionalmente equilibrados, em relação a cada nutriente individual foi alta. Pode se observar que o Ca foi o elemento que apresentou a maior porção de talhões como sendo equilibrado nutricionalmente em todas as combinações de métodos, chegando ao máximo de 84,29% dos talhões quando utilizou todas as relações duais, 61% para o critério valor F e 84,29% para o critério valor r (Figura 1).

Pode-se registrar que as normas definidas pelo critério do valor F foram menos conservadora em apontar os desequilíbrios nutricionais para o Ca. Com esse resultado observou-se que, dependendo do método de escolha das relações duais para compor as normas há uma mudança do diagnóstico no PRA, e a amplitude dessa diferença varia conforme o nutriente (Figura 1).

O S foi o elemento que apresentou maior potencial de resposta à adubação, positivo e com alta probabilidade (p), não havendo diferença entre Jones (1981) e Elwali e Gascho (1984) que diagnosticaram o mesmo percentual (21,4%), no entanto, o método de Beaufils (1973) diagnosticou maior número de talhões com potencial de resposta à adubação positiva e com alta probabilidade (25,7%) (Figura 1), com o uso de todas as relações para compor as normas. O Mg foi o elemento que apresentou a maior frequência como não responsivo à adubação (nz e n) (Figura 1).

Ao utilizar diferentes normas com diferentes formas de cálculo das funções DRIS, constata uma variação na concordância entre os métodos. O uso de todas as relações duais para compor as normas, obteve como resultado que o método de Beaufils (1973) e Jones (1981) foram os que apresentaram maior número de diagnoses concordantes (Tabela 6), sendo o método de Elwali e Gascho (1984), o que apresentou maior discordância no diagnóstico.

Quando utilizado as normas com o critério do valor r, as maiores concordância entre o potência de resposta à adubação se deu com o método de cálculo das funções Beaufils vs. Jones, com exceção ao P e S (Tabela 6).

As normas com a utilização do valor F foi a que apresentou a menor concordância entre as diagnoses, fato esse que se deve a menor eficácia do método de Beaufils (1973) e Elwali e Gascho (1984) nessas normas, obtendo na relação entre IBN e produtividade $R^2 = 0,2422$ e $0,2886$, $p < 0,01$, respectivamente. Em contrapartida, o método de Jones apresentou $R^2 = 0,4612$, $p < 0,01$, o que demonstra a menor eficácia do método de Beaufils (1973) e Elwali e Gascho (1984) quando comparado com Jones

gerou resultados diferentes, reduzindo a concordância entre a diagnose pelo potência de resposta à adubação.

Observa-se que, na Tabela 6 que houve maior concordância entre os métodos para resposta negativa à adubação, com alta probabilidade (n) do que para a resposta positiva a adubação com alta probabilidade (p). Tal resultado era de se esperar, pois, o método de cálculo preconizado por Beaufils (1973), e Beaufils (1973) modificado por Elwali e Gascho (1984) superestimam os índices DRIS (SERRA, 2011, capítulo 1).

Com essa superestimação, há dessa forma menor concordância no potencial de resposta positiva, com alta probabilidade de resposta (p), para os valores da relação dual na amostra (A/B) que está abaixo da norma ($A/B < a/b$), ou seja, o método de Jones (1981) apresenta resultados mais próximos ao método de Beaufils (1973) quando a relação $A/B > a/b$, por essas fórmulas de cálculo convergir no diagnóstico do excesso de nutriente (resposta negativa a adubação, n).

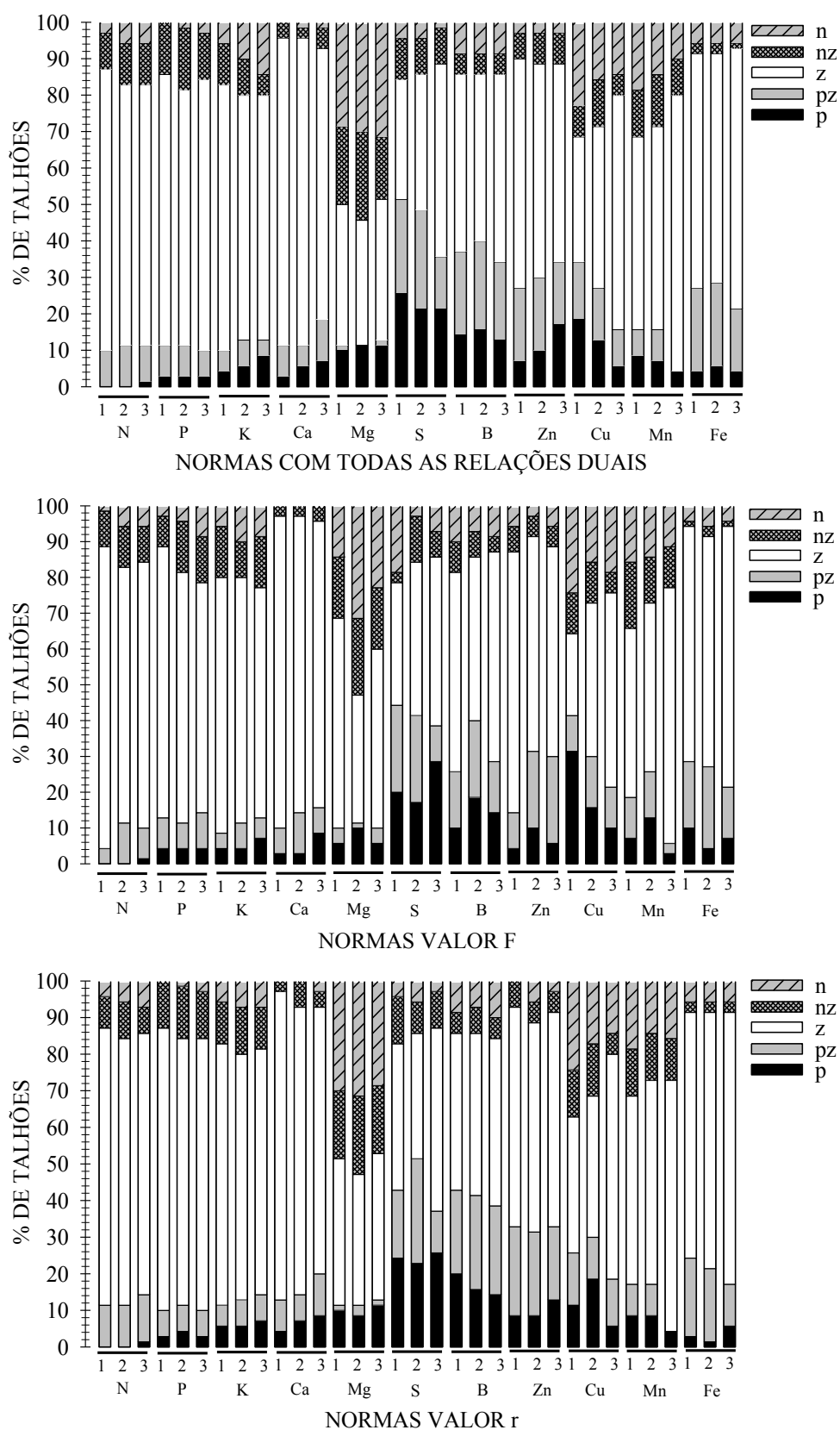


Figura 1. Porcentagem de talhões diagnosticados com o método de interpretação dos índices DRIS, na população de baixa produtividade, denominado de potencial de resposta à adubação (PRA) (WADT, 1996): (n) Resposta negativa, com alta probabilidade; (nz) Negativa, com baixa probabilidade; (z) Nula; (pz) Positiva, com

baixa probabilidade; (p) Positiva, com alta probabilidade. (1) Beaufils (1973); (2) Jones (1981); (3) Elwali e Gascho (1984).

Tabela 6. Frequência de talhões com diagnoses concordantes do potencial de resposta à adubação (PRA), determinado pelas normas com todas as relações duais, valor F e valor r, e as funções de cálculo de Beaufils (1973), Jones (1981) e Elwali e Gascho (1984), na população de não referência.

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu	Mn	Fe	p	n
-----%-----													
Normas com todas as relações													
Beaufils vs. Jones	92,9	91,4	90,0	95,7	92,9	88,6	92,9	91,4	78,6	88,6	91,4	85,7	91,4
Beaufils vs. Elwali	85,7	91,4	82,9	85,7	91,4	71,4	92,9	82,9	61,4	74,3	82,9	74,3	81,4
Jones vs. Elwali	90,0	92,9	88,6	90,0	91,4	72,9	91,4	87,1	74,3	77,1	85,7	84,3	88,6
Normas valor F													
Beaufils vs. Jones	82,9	75,7	87,1	87,1	62,9	68,6	62,9	72,9	55,7	72,9	85,7	68,6	62,9
Beaufils vs. Elwali	84,3	85,7	81,4	85,7	80,0	68,6	78,6	75,7	57,1	70,0	87,1	67,1	72,9
Jones vs. Elwali	84,3	80,0	85,7	80,0	70,0	70,0	72,9	75,7	74,3	68,6	80,0	61,4	77,1
Normas valor r													
Beaufils vs. Jones	97,1	92,9	94,3	88,6	88,6	80,0	92,9	78,6	75,7	85,7	90,0	80,0	84,3
Beaufils vs. Elwali	90,0	94,3	90,0	85,7	87,1	87,1	88,6	90,0	67,1	81,4	90,0	82,6	81,4
Jones vs. Elwali	91,4	92,9	84,3	78,6	82,9	71,4	85,7	74,3	68,6	80,0	87,1	67,1	82,9

O fato de haver maior concordância entre o diagnóstico pelas NTR vs. NVr com o método de cálculo das funções por Beaufils (1973) (Tabela 7), não demonstra que essa diagnose é mais eficiente e sim que os dois critérios de escolha das normas apresentam resultado próximos na diagnose pelo potência de resposta à adubação.

De forma geral, houve concordância entre os critérios de definição das normas e das funções DRIS em diagnosticar o S como sendo o elemento que apresentou o maior número de talhões com potencial de resposta à adubação positivo, e com alta probabilidade de resposta (p) (Figura 2), da mesma forma, houve concordância para diagnosticar o Mg com a maior frequência dos talhões como não responsivo a adubação (n).

No entanto, houveram duas exceções, sendo que, o método de Beaufils (1973) e o critério de escolha das normas pelo valor F, diagnosticou o Cu como sendo o elemento que apareceu mais vezes com resposta positiva a adubação, com alta probabilidade (p). Para o Mg, o critério valor F apresentou a menor concordância (Tabela 7), não diagnosticando o Mg como o elemento que apresentou o maior número de talhões com resposta negativa à adubação, e com alta probabilidade (n).

Com a utilização de diferentes sistemas de cálculo das funções DRIS, gera índices diferentes que quando interpretado com o mesmo sistema, mostra diferença no potencial de resposta à adubação para cada elemento (Figura 2). Silva et al. (2009) observaram o mesmo comportamento, quando se utilizou o critério de escolha das relações duais (valor F e r) e as funções de cálculo de Beaufils (1973) e Elwali e Gascho (1984), constatando que a ordem de limitação nutricional alterava conforme o método utilizado.

Assim como Silva et al. (2005) observaram, com a concordância entre os métodos, é possível ressaltar que há uma discordância entre os métodos de cálculo das funções DRIS e das normas DRIS, com isso, em parte dos diagnósticos é apresentado uma discordância no potencial de resposta à adubação. No entanto, observa-se que o critério de escolha das normas é o fator que provoca maior discordância no potencial de resposta a adubação (Tabela 7).

O potencial de resposta à adubação para (p) variou de 67,1% (NVF vs.NVr) a 88,6% (NVF vs.NVr) (Tabela 7), dessa forma, observou-se que não é possível obter resultados satisfatórios quando se utiliza uma ou outra combinação de métodos no sistema DRIS, pois, a concordância entre os mesmos em diagnosticar os nutrientes como sendo de maior potencial de resposta a adubação e com alta probabilidade de resposta (p) está em torno de 67,1% a 88,6% (Tabela 7), fato que pode levar a uma diagnose errônea. Como já discutido anteriormente, o método de Jones e valor F seria a melhor combinação, com resultado mais satisfatório, por apresentar melhor eficácia.

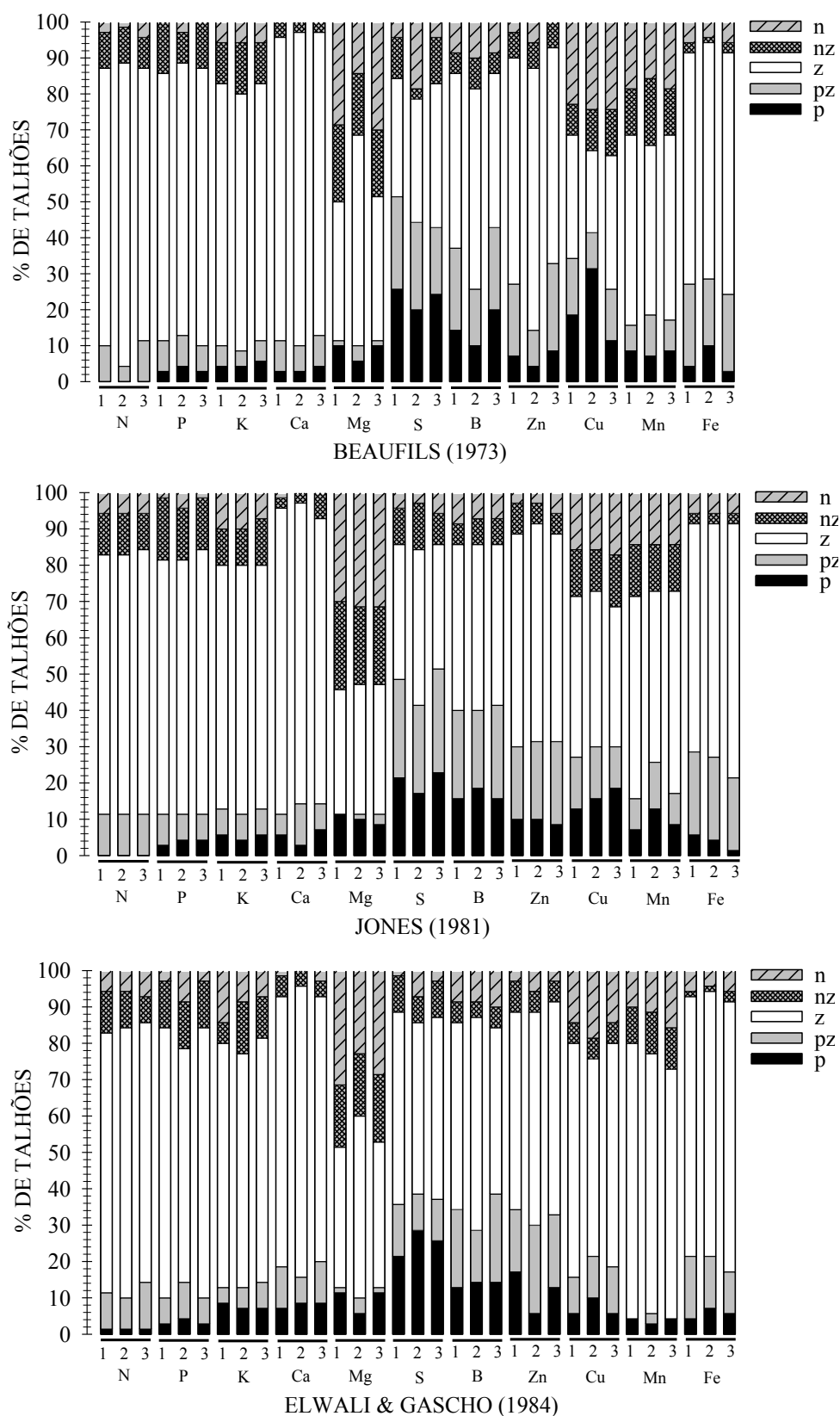


Figura 2. Porcentagem de talhões diagnosticados com o método de interpretação dos índices DRIS, na população de baixa produtividade, denominado de potencial de resposta a adubação (PRA) (WADT, 1996): (n) Resposta negativa, com alta probabilidade; (nz) Negativa, com baixa probabilidade; (z) Nula; (pz) Positiva, com

baixa probabilidade; (p) Positiva, com alta probabilidade. (1) normas com todas as relações; (2) normas critério valor F; (3) normas critério valor r.

Tabela 7. Frequência de talhões com diagnoses concordantes do potencial de resposta à adubação (PRA), determinado pelas normas com todas as relações duais (NTR), valor F (NVF) e valor r (NVr), e as funções de cálculo de Beaufils, Jones e Elwali e Gascho, na população de não referência.

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu	Mn	Fe	p	n
	-----%-----												
	Beaufils (1973)												
NTR vs. NVF	88,6	80,0	95,7	94,3	67,1	65,7	71,4	80,0	72,9	75,7	87,1	74,3	72,9
NTR vs. NVr	95,7	97,1	97,1	95,7	97,1	85,7	90,0	87,1	78,6	95,7	95,7	88,6	97,1
NVF vs. NVr	88,6	80,0	92,9	92,9	70,0	60,0	61,4	70,0	61,4	80,0	82,9	67,1	72,9
	Jones (1981)												
NTR vs. NVF	100	90,0	94,3	92,9	92,9	80,0	90,0	87,1	90,0	82,9	97,1	85,7	91,4
NTR vs. NVr	98,6	92,9	91,4	88,6	91,4	78,6	94,3	82,9	78,6	95,7	87,1	78,6	88,6
NVF vs. NVr	98,6	91,4	90,0	88,6	92,9	71,4	90,0	84,3	80,0	87,1	92,9	81,4	88,6
	Elwali & Gascho (1984)												
NTR vs. NVF	88,6	80,0	90,0	82,9	77,1	80,0	78,6	81,4	78,6	90,0	91,4	80,0	74,3
NTR vs. NVr	92,9	94,3	88,6	95,7	95,7	94,3	91,4	90,0	92,9	90,0	92,9	88,6	85,7
NVF vs. NVr	85,7	80,0	87,1	81,4	78,6	82,9	71,4	82,9	81,4	88,6	84,3	72,9	74,3

11 CONCLUSÃO

1. Todas as combinações de métodos testadas foram capazes para diagnosticar o estado nutricional do algodoeiro.
2. A interpretação dos índices DRIS pelo potencial de resposta à adubação leva a diagnósticos próximos, com as diferentes combinações de metodologia. No entanto, sugere-se a combinação de métodos valor F e Jones.
3. O método de determinação das normas valor F apresentou maior desequilíbrio nutricional.

12 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ VENEGAS, V.H.; LEITE, R. de A. Fundamentos estatísticos das fórmulas usadas para cálculo dos índices DRIS. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.20-25, 1999.

BALDOCK, J.O.; SCHULTE, E.E. Plant analysis with standardized scores combines DRIS and sufficiency range approaches for corn. **Agronomy Journal**, v.88, n.3, p.448-456, 1996.

BAILEY, J.S.; RAMAKRISHNA, A.; KIRCHHOF, G. Na evaluation of nutritional constraints on sweetpotato (*Ipomoea batatas*) production in the central highlands of Papua New Guinea. **Plant and Soil**, v.316, p.97–105, 2009.

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). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.14, p.339-344, 1990.

BEAUFILS, E.R. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). A general scheme of experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. South Africa: University of Natal, Pietermaritzburg. 1973. 132p. (Soil Science Bulletin, 1).

BEVERLY, R.B. Modified DRIS method for simplified nutrient diagnosis of ‘Valencia’ oranges. **Journal of plant Nutrition**, v.10, p.1401-1408, 1987.

BEVERLY, R.B. A Practical Guide to the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS); Micro-Macro Publishing, Inc.: Athens, GA, 1991. 385p.

CANTERELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.), Fertilidade do Solo, Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 375-470, 2007.

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro nacional de pesquisa de solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: 2006. 169p.

EYMAR, E.; CADAHÍA, C.; SÁNCHEZ, A. Foliar nutrient reference levels obtained in hydroponic cultures as preliminary norms for dris to fertigate conifers. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.32, n.1, p.267-282, 2001.

GUINDANI, R.H.P.; ANGHINONI, I.; NACHTIGALL, G.R. DRIS na avaliação do estado nutricional do arroz irrigado por inundação. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.33, p.109-118, 2009.

HALLMARK, W.B.; BEVERLY, R.B.; PARKER, M.B.; ADAMS, J.F.; BOSWELL, F.C.; OHKI, K.; SHUMAM, L.M.; WILSON, D.O. Evaluation of soybean zinc and manganese requirements by the M-DRIS and sufficiency range methods. **Agronomy Journal**, v.81, p.770-776, 1989.

HALLMARK, W.B.; BEVERLY, R.B. Review – An update in the use of the Diagnosis and Recommendation Integrated System. **Journal of Fertilizer Issues**, v.8, p.74-88, 1991.

HUNDAL, H.S.; SINGH, D.; BRAR, J.S. Diagnosis and recommendation integrated system for monitoring nutrient status of mango trees in submountainous area of Punjab, India. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.36, n.15, p.2085-2099, 2005.

JONES, C.A. Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analyses. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.12, p.785-794, 1981.

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.

MCCRAY, J.M.; JI, S., POWELL, G.; MONTES, G.; PERDOMO, R.. Sugarcane Response to DRIS-Based Fertilizer Supplements in Florida. **Sugarcane Response to DRIS-Based Fertilizer Supplements in Florida**, v.196, p.66–75, 2010.

MALAVOLTA E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Princípios, métodos e técnicas de avaliação do estado nutricional. In: MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A., eds. 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.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889p.

MARUR, C.J.; RUANO, O. A reference system for determination of developmental stages of upland cotton. **Revista de Oleaginosa e Fibrosa**, v.5, p.313-317, 2001.

MICROSOFT CORPORATION: Excel Software. Microsoft Corp., Redmond, WA. 2010.

MOURÃO FILHO, F.A.A.; AZEVEDO, J.C. DRIS norms for ‘Valencia’ sweet orange on three rootstocks. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.85-93, 2003.

NACHTIGALL, G.R.; DECHEN, A.R. DRIS norms for evaluating the nutritional state of apple tree. **Scientia Agricola**, v.64, n.3, p.282-287, 2007a.

NACHTIGALL, G.R.; DECHEN, A.R. DRIS Use on apple orchard nutritional evaluation in response to potassium fertilization. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.38, n.17, p.2557-2566, 2007b.

NICK, J.A. DRIS para cafeeiros podados. Piracicaba:USP/ESALQ, 1998. 86p. (Dissertação - Mestrado).

PARENT, L.E.; DAFIR, M. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.117, p.239-242, 1992.

REIS JUNIOR, 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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, n.3, p.801-808, 2002

RAMAKRISHNA, A.; BAILEY, J.S.; KIRCHHOF, G.. A preliminary diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) model for diagnosing the nutrient status of sweet potato (*Ipomoea batatas*). **Plant and Soil**, v.316, p.107–116, 2009.

RICHETTI, A. Estimativa do Custo de Produção de Algodão, Safra 2008/09, para Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. **Comunicado Técnico 149**, ISSN 1679-0472 Novembro, 2008. Dourados, MS.

SEMA, A.; MAITI, C.S.; SINGH, A.K.; BENDANGSENGLA, A. DRIS nutrient norms for pineapple on alfisols of india. **Journal of Plant Nutrition**, v.33, n.9, p.1384-1399, 2010.

SERRA, A.P.; MARCHETTI, M.E.; VITORINO, A.C.T.; NOVELINO, J.O.; CAMACHO, M.A. Desenvolvimento de normas DRIS e CND e avaliação do estado nutricional da cultura do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.34, n.1, p.97-104, 2010a.

SERRA, A.P.; MARCHETTI, M.E.; VITORINO, A.C.T.; NOVELINO, J.O.; CAMACHO, M.A. Determinação de faixas normais de nutrientes no algodoeiro pelos métodos CHM, CND e DRIS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.1, p.105-113, 2010b.

SILVA, G.G.C.; NEVES, J.C.L.; ALVAREZ V., V.H. Avaliação da universalidade das normas DRIS, M- DRIS e CND. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2005, v.29, n.5, p.755-761, 2005.

SILVA, M.A.C.; NATALE, W.; MALHEIROS, E.B.; PAVINATO, A. Estabelecimento e validação de normas DRIS para a cultura do algodão no centro-oeste do Brasil. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.31, n.1, p.93-99, 2009.

SILVEIRA, C.P.; NACHTIGALL, G.R.; MONTEIRO, F.A. Norms for the diagnosis and recommendation integrated system for signal grass. **Scientia Agricola**, v.62, n.6, p.513-519, 2005a.

SILVEIRA, C.P.; NACHTIGALL, G.R.; MONTEIRO, F.A. Testing and validation of methods for the diagnosis and recommendation integrated system for signal grass. **Scientia Agricola**, v.62, n.6, p.520-527, 2005b.

SINGH, N.P.; AWASTHI, R.P.; SUD, A. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) norms for apple (*Malus x Domestica* Borkh. L. CV. Starking Delicious) in Himachal Pradesh. **Indian Journal of Horticultrae**, v.53, n.3, p.196-204, 2000.

SUMNER, M. E. Aplication 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.; KURIHARA, C.H.; MAEDA, S.; VITORINO, A.C.T., GONÇALVES, M.C.; MARCHETTI, M.E. Avaliação do estado nutricional da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.9, p.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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.63-72, 2007.

URRICARIET, S.; LAVADO, R.S.; MARTÍN, L. Corn response to fertilization and SR, DRIS, and PASS interpretation of leaf and grain analysis. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.35, n.3, p.413-425, 2004.

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, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1996. 123p. (Tese de Doutorado)

WADT, P.G.S.; NOVAIS, R.F. de; ALVAREZ VENEGAS, V.H.; FONSECA, S.; BARROS, N.F. de; DIAS, L.E. Três métodos de cálculo do DRIS para avaliar o potencial de resposta à adubação de árvores de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.661-666, 1998.

WADT, P.G.S.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BRAGANÇA, S.M.. Alternativas de aplicação do "DRIS" à cultura de café Conilon (*Coffea canephora* Pierre). **Scientia Agricola**, v.56 n.1, 1999

WALWORTH, J.L.; SUMNER, M.E. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). **Advance in Soil Science**, v.6, p.149-188, 1987.

WALWORTH, J. L.; WOODDARD, H. J.; SUMNER, M. E. Generation os corn tissue norms from a small, high-yield data base. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.19, n.5, p.563-577, 1988.

13 CAPÍTULO 3: ADEQUAÇÃO DE NORMAS DO SISTEMA INTEGRADO DE DIAGNOSE E RECOMENDAÇÃO PARA O ALGODOEIRO (*Gossypium hirsutum* r. *Latifolium*) NA REGIÃO SUL DO MATO GROSSO

Autor: Dr Ademar Pereira Serra

Orientadora: Dr^a Marlene Estevão Marchetti

14 RESUMO

A adequação de normas DRIS específicas para cada região é um fator preponderante para obter diagnósticos nutricionais mais acurados. O objetivo em desenvolver esse trabalho consistiu na adequação de normas DRIS por meio de dois critérios [valor F e a transformação por função logaritmo natural (LN)] e registrar o comportamento dessas normas para a diagnose nutricional do algodoeiro na região sul do estado do Mato Grosso, Brasil. Dados de produtividade, de talhões com média de 100 ha, e teores foliares (macro e micronutrientes) da cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* r. *latifolium*) procedente da safra de 2004/2005 foram selecionados para compor a base de dados. O critério para definir a população de referência consistiu nos talhões que apresentavam valores acima da média + 0,5 desvio-padrão (4.575 kg ha⁻¹ de algodão em caroço). Os índices de balanço nutricional (IBN) apresentaram uma relação negativa e significativa ($p < 0,01$) com a produtividade, podendo observar que à medida que reduz o IBN aumenta a produtividade. As relações entre os índices DRIS, determinado pelos diferentes critérios de escolha das normas, indicaram relações significativas e com valores de $R^2 > 0,96$, $p < 0,01$. Tanto as normas desenvolvidas por LN e a escolha das relações pelo valor F, podem ser recomendadas para a avaliação do estado nutricional do algodoeiro na região sul do Mato Grosso, sendo ambas capazes de diagnosticar o estado nutricional.

Termos de indexação: Nutrição mineral, diagnose foliar, DRIS, logaritmo natural

SETTING THE NORMS OF DIAGNOSIS AND RECOMMENDATION
INTEGRATED SYSTEM FOR COTTON (*Gossypium hirsutum* r. *Latifolium*) IN THE
SOUTH REGION OF MATO GROSSO

Author: PhD Ademar Pereira Serra

Adviser: PhD Marlene Estevão Marchetti

15 ABSTRACT

The adjustment of DRIS norms specifics to each region is one major factor to achieve nutritional diagnoses with accuracy. The aim in developed this work was the adequacy of DRIS norms using two criteria (F value and transformation by natural logarithm function) and record the behavior of these norms for nutritional diagnose of the cotton crop at the south region of Mato Grosso state, in Brazil country. Yield data from plots with an average of 100 hectares, and foliar contents (macronutrients and micronutrients) of cotton crop (*Gossypium hirsutum* r. *latifolium*), coming of 2004 - 2005 crop season was selected to compose the database. The criterion to define the reference population consisted of plots that had levels above the mean + 0.5 standard deviation (4,575 kg ha⁻¹ seed cotton). The Nutritional Balance Index (NBI) had a negative and significant ($p < 0.01$) relationship with yield, may notice that when reduce the NBI increases productivity. Relationships between DRIS index generated by the different criteria of norms showed significant relationships - R^2 values > 0.96 , $p < 0.01$ - . Both norms developed by natural logarithm and the choice of relations for F value, may be recommended for assessing the nutritional status of the cotton crop in the south region of Mato Grosso, both being able to diagnose the nutritional status.

Index terms: Mineral nutrition, leafs diagnose, DRIS.

16 INTRODUÇÃO

O sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) é um método de diagnose nutricional que leva em consideração as relações duais entre teores de nutrientes, sendo essa forma de diagnose mais eficiente em diagnosticar o estado nutricional da planta do que a simples comparação entre teor na amostra com valor de faixa de suficiência ou nível crítica, em que a relação entre nutrientes não é considerada.

O DRIS já foi utilizado para diagnosticar o estado nutricional de diversas culturas, tais como abacaxi (SEMA et al., 2010), algodão (SILVA et al., 2009; SERRA et al., 2010a; SERRA et al., 2010b), arroz (GUINDANI et al., 2009), batata doce (BAYLE et al., 2009; RAMAKRISHNA et al., 2009), cana de açúcar (ELWALI e GASCHO, 1984; REIS Jr e MONNERAT, 2002a; MACCRAY et al., 2010), laranja (MOURÃO FILHO et al., 2002, 2003), maçã (NACHTIGALL et al., 2007a, 2007b), manga (HUNDAL et al., 2005), milho (REIS Jr, 2002b; URRICARIET et al., 2004), soja (URANO et al., 2006, 2007), eucalipto (WADT et al., 1998), dentre outras culturas.

O método DRIS fornece índices para cada nutriente avaliado, sendo tais índices positivos ou negativos, representando o efeito de cada nutriente no balanço nutricional da planta, quanto mais próximo de zero estiverem os índices dos elementos avaliados, mais próximo do equilíbrio nutricional estará a planta (BEAUFILS, 1973; JONES, 1981; BEVERLY, 1991), sendo esses índices oriundos da comparação das relações duais (N/P, P/N, N/K, K/N, etc.) da amostra a ser analisada com os valores de referência ou normas DRIS.

Existem alguns critérios de escolha das relações duais para compor as normas, dentre eles o mais comumente utilizado é a escolha da relação direta (N/P) ou inversa (P/N) pela razão do maior quociente entre as variâncias da população de não referência e a de referência, denominado de valor F (JONES, 1981; LETZSCH, 1985; WALWORTH e SUMNER, 1987), havendo também a forma de escolha da relação pelo critério determinado por Nick (1998) de valor r , critério esse que compreende o cálculo da correlação (r) entre produtividade e a razão da relação dual entre os nutrientes, tanto na forma direta quanto na inversa, sendo selecionada a forma da razão que resulta no mais alto valor absoluto do coeficiente de determinação (r).

Em contrapartida, vem sendo utilizado tanto às relações diretas (A/B) quanto às inversas (B/A) (BATAGLIA et al., 1990; ALVAREZ V. e LEITE, 1999; WADT et al., 2007), pois de acordo com Alvarez V. e Leite, (1999), ao escolher uma ou outra relação

para compor as normas comprometeria posteriormente o cálculo dos índices DRIS. Dessa forma, alguns autores (URANO, et al., 2006; URANO et al., 2007; SERRA et al., 2010a; SERRA et al., 2010b) utilizaram todas as relações duais. No entanto, as relações foram transformadas pelo logaritmo natural (LN), assim como sugerido por Beverly (1987) como uma forma de corrigir os desvios de simetria quando se trabalha com relações duais.

Ao avaliar o critério preconizado por Nick (1998) (valor r) e o valor F (JONES, 1981; LETZSCH, 1985; WALWORTH e SUMNER, 1987) para a escolha das relações duais para compor a norma, Silva et al. (2009) observaram que a diagnose nutricional, do algodoeiro alterava conforme o critério de escolha das relações entre os teores de nutrientes para compor a norma, quando utilizava o método de cálculo das funções DRIS preconizado por Beaufils (1973) e Elwali e Gascho (1984).

A realização desse trabalho teve como objetivo definir as normas por dois critérios (valor F e transformação por logaritmo natural), a fim de determinar a avaliação do estado nutricional do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* r. *latifolium*) e registrar o comportamento dessas normas DRIS para a diagnose nutricional dessa planta na região sul do Mato Grosso.

17 REVISÃO DE LITERATURA

17.1 Sistemas de diagnose foliar

Para que se avalie o estado nutricional das plantas é necessário definir qual o sistema de diagnose a ser utilizado. Dentre os vários sistemas de diagnose que podem ser utilizados há a faixa de suficiência, nível crítico, sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) (BEAUFILS, 1973), diagnose da composição nutricional (CND) (PARENT e DAFIR, 1992), chance matemática (ChM) (WADT et al., 1998), plant analysi with standared scores (PASS) (BALDOCK e SCHULTE, 1996).

Tanto a faixa de suficiência quanto o nível crítico são sistemas de diagnose que consideram em seus valores de referência apenas a concentração individual dos nutrientes no tecido foliar, não relacionando os teores dos mesmos, logo, não é possível obter o equilíbrio nutricional da planta.

Além disso, esse sistema tem como agravante, a relação do teor foliar com a idade da planta, a qual apresenta uma correlação significativa. Com a idade da planta os teores de Ca e Mg tende a aumentar (efeito de concentração) e N, P, K e S tende a reduzir (efeito de diluição). Dessa forma, se as amostras a serem diagnosticadas não forem retiradas no mesmo estágio fenológico dos valores de referência, e nas mesmas condições em que os valores de referência foram geridos, a diagnose se torna errônea (WALWORTH e SUMNER 1987).

Em 1973, Beaufils desenvolveu o sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) que foi baseado em estudos anteriores que denominava de Diagnose Fisiológica, publicado em 1957 por Beaufils. O DRIS viria minimizar o efeito de concentração e diluição, pois, segundo as premissas do DRIS, a relação dual entre os teores dos nutrientes tende a seguir com valores constantes (WALWORTH e SUMNER 1987).

O DRIS inicialmente foi proposto para avaliar fatores que influenciam na produtividade, no entanto, com o passar dos anos é possível observar a utilização do mesmo apenas para a avaliação do estado nutricional das plantas, por meio dos teores dos nutrientes no tecido foliar. Contudo, o uso do DRIS para avaliar a fertilidade do solo ou outros fatores que influem na produtividade deve ser encorajado.

O DRIS utiliza as relações binárias entre os nutrientes e transforma os valores das concentrações dos nutrientes no tecido foliar 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. A aproximação do índice ao valor zero indica que o nutriente está nas melhores condições de balanço nutricional (WALWORTH e SUMNER, 1987).

Observa-se que, o relacionamento entre índices DRIS e produtividade apresentam maior relação que os teores foliares com a produtividade (KHIARI et al., 2001), com tudo, com o advento das modificações do sistema DRIS, é possível observar na literatura que os diferentes métodos para o cálculo das normas e funções DRIS levam a diagnósticos diferentes (WADT et al., 1999; SILVA et al., 2009), podendo os mesmos não refletirem o real estado nutricional da planta. Dessa forma, é justificável o estudo das formas de cálculo das normas e funções DRIS, para que se possa obter a maior eficácia do sistema de diagnose.

17.2 Seleção das normas DRIS pelo valor F

Seguindo as premissas do DRIS propostas por Beaufils (1973), é possível que se escolha as relações duais (A/B ou B/A) que são mais importantes para compor as normas DRIS. Dessa forma é de se esperar que relações duais oriundas de população com alta produtividade (referência), composta por plantas sadias, apresentem menor variância do que as populações de plantas com baixa produtividade (não referência), assim, a relação entre variância da população de baixa produtividade com a de alta seria um critério aceitável para selecionar as relações com maior contribuição nas normas para diagnósticos de tecido foliar.

A utilização da relação entre as variâncias da população de não referência e referência é a forma de cálculo mais utilizada para definir as normas DRIS, sendo denominada de valor F. O valor F é calculado levando-se em consideração a divisão do banco de dados em duas subpopulações (população de referência e não referência), sendo a escolha da relação A/B ou B/A definida pela relação entre as variâncias das relações nas duas populações, em que a relação escolhida será resultado oriundo da seguinte análise (JONES, 1981; LETZSCH, 1985; WALWORTH e SUMNER, 1987):

Se:

$$\left[\frac{S^2 \left(\frac{A}{B} \right)_{\text{população não referência}}}{S^2 \left(\frac{A}{B} \right)_{\text{população referência}}} \right] > \left[\frac{S^2 \left(\frac{B}{A} \right)_{\text{população não referência}}}{S^2 \left(\frac{B}{A} \right)_{\text{população referência}}} \right]$$

Então: relação que irá compor a norma = A/B, caso contrário a relação que irá compor as normas DRIS será B/A. Sendo S^2 (A/B ou B/A) a variância das populações de referência ou não.

Além da seleção entre relação direta ou inversa para compor as normas, seguindo o mesmo princípio é possível selecionar com relação ao valor de significância F, que pode ser a 1%, 5% ou 10% (WADT, 1999), sendo possível ainda utilizar todas as relações duais, que foi selecionada pela maior razão entre as variâncias, sem o rigor da significância (BEAUFILS, 1973; JONES, 1981; WALWORTH e SUMNER, 1984).

É possível observar na literatura que ainda não há um consenso com relação a qual método utilizar. Jones (1981) não selecionou pela significância e sim pela maior razão das variâncias, assim como Raghupathi et al. (2005); GUINDANI et al. (2009); Sema et al. (2010). No entanto, Wadt (2005) utilizou o valor F para seleção das relações duais com uma significância de 10%, excluindo das normas as relações que estiveram com significância acima desse valor.

Ao selecionar relações pela significância do valor F, a soma dos índices DRIS não dará um valor zero, podendo alguns nutrientes com número maior de relações duais apresentarem influência maior no cálculo dos índices do que aqueles com menor número de relações. Contudo, Wadt et al. (1999) conclui que o rigor da seleção pela significância do valor F gera uma maior eficácia para o diagnóstico, em estudos realizados com a cultura de café conilon (*Coffea canephora* Pierre).

17.3 Normas DRIS transformadas por função do logaritmo natural

O uso de todas as relações duais entre os teores de nutrientes, para compor as normas DRIS já foi recomendado por Alvarez V. e Leite (1999), pois os mesmos observaram que havia desvio de simetria quando era utilizada a forma direta ou a inversa para compor as normas, e que não sendo possível a definição de qual forma seria a mais precisa, os autores sugeriram que se utilizem todas as relações duais, gerando uma média entre as formas de expressão das relações duais.

Beverly (1987) teve como finalidade a correção dos desvios de simetria observados na distribuição normal entre as relações duais tanto na forma direta quanto na inversa da expressão entre uma mesma relação. Para tal correção os autores utilizaram da transformação das relações duais pelo logaritmo natural, pois com o uso dessa função foi observado que havia uma correção dos desvios de simetria. Quando se utiliza relações entre valores (A/B e B/A) o uso do logaritmo natural fornece valores iguais para as formas de expressão, mudando apenas o sinal de valor.

Essa assimetria é reduzida por meio do uso da transformação por logaritmo natural, pois, logaritmo natural (LN) $(a/b) = -\text{LN} [1/(a/b)]$, resultando em sinais invertidos e igual valor de desvio padrão (BEVERLY, 1987).

Ao desenvolver as normas DRIS para o algodoeiro na região oeste do estado da Bahia, Serra et al. (2010a) observaram que a utilização do logaritmo natural nas relações duais possibilitou a aceitação de 95,5% das relações duais que apresentaram distribuição normal, na população de alta produtividade.

Urano et al. (2006) encontraram uma aceitação de 58,2 % das relações duais sem transformação; após a transformação por logaritmo natural, houve aceitação de 94,5 % dos quocientes da subpopulação de alta produtividade, sendo uma condição desejada para a correta utilização do método DRIS. Após esta transformação, a média aritmética e o desvio-padrão de todos os quocientes das relações diretas e inversas, entre os teores de nutrientes na população de alta produtividade, constituíram as normas DRIS, em função dos quais se procedeu à avaliação do estado nutricional pelo método DRIS (URANO et al., 2006).

Ao utilizar as normas transformadas por logaritmo natural, para o cupuaçueiro (*Theobroma grandiflorum*) Dias et al. (2010) observaram que as normas DRIS transformadas contribuiu para uma maior consistência dos resultados entre as formas direta e inversa dentre diferentes normas DRIS, aumentando a segurança dos diagnósticos nutricionais independentemente da forma de expressão adotada.

18 MATERIAL E MÉTODOS

18.1 Local de coleta

Este trabalho foi realizado com dados oriundos de lavouras comerciais de algodão, no ano agrícola de 2004/2005, na região Sul do Mato Grosso, em torno das coordenadas geográficas 12° 41'S e 45° 40'W, com altitude média de 497 m. O solo da região de estudo é predominantemente constituído por Latossolo Vermelho distroférico. As lavouras foram conduzidas em sistema de plantio convencional. As variedades que compuseram a base de dados foram: DeltaOpal, DeltaPenta, DeltaPine Acala 90, CNPA ITA 90, FiberMax 966.

18.2 Formação da base de dados

Foram utilizadas para compor a base de dados 108 amostras compostas de folhas completas (limbo + pecíolo), sendo que cada uma dessas amostras foi formada por 30 amostras simples que foram selecionadas aleatoriamente em cada talhão comercial que apresentava uma área média de 100 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 e Ruano (2001).

As amostras foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, até peso constante e passadas em moinho com peneira de 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, Zn, Cu, Mn e Fe, conforme metodologia descrita em Malavolta et al. (1997). As informações utilizadas para a formação da base de dados e para o desenvolvimento do DRIS foram os teores totais de macronutrientes (g kg⁻¹) e micronutrientes (mg kg⁻¹) nas folhas e a produtividade de algodão em caroço (kg ha⁻¹).

A base de dados foi dividida em duas subpopulações, utilizando a média + 0,5 desvio-padrão como critério para separar as populações (SILVA et al., 2005; URANO et al., 2006; URANO et al., 2007), uma com produtividade acima de 4.575 kg ha⁻¹ (média + 0,5 desvio-padrão) e outra com produtividade abaixo de 4.575 kg ha⁻¹.

18.3 Critérios para determinação das normas DRIS

Foram testados dois métodos de escolha das normas (média e desvio padrão das relações entre nutrientes na população de referência), sendo o método determinado por valor F (JONES, 1981; LETZSCH 1985; WALWORTH e SUMNER, 1987) e a transformação, por função logaritmo natural (LN), dos quocientes entre os teores de nutrientes (BEVERLY, 1987; URANO et al., 2007; SERRA et al., 2010a).

A determinação da relação (A/B ou B/A) para compor a norma pelo método da razão das variâncias valor F foi definida com a relação entre as variâncias, da população de alta (referência) e de baixa produtividade (não referência), foi escolhida a ordem do quociente que apresentou a maior razão de variâncias (S^2) (Tabela 2).

Tabela 1. Normas DRIS para a população de plantas avaliadas, segundo o critério do valor F.

Variável	Média	s [†]	Variável	Média	s [†]
N/P	15,1416	1,8617	Mg/S	0,4404	0,2311
N/S	4,5765	2,2252	Mg/B	0,0723	0,0256
N/B	0,7503	0,2404	Mg/Zn	0,1626	0,0387
N/Zn	1,6754	0,3502	Mg/Cu	0,3909	0,2223
N/Cu	3,9724	2,1953	Mg/Mn	0,0994	0,0321
N/Mn	1,0587	0,4183	Mg/Fe	0,0464	0,0165
N/Fe	0,4701	0,1493	B/Ca	2,2463	0,6303
P/S	0,3080	0,1597	B/S	6,3151	3,1483
P/B	0,0504	0,0181	B/Zn	2,4320	0,8360
P/Cu	0,2613	0,1369	B/Fe	0,6875	0,2750
P/Mn	0,0694	0,0246	Zn/P	9,3606	1,9666
K/N	0,4611	0,0758	Zn/S	2,7703	1,4366
K/P	6,9883	1,4438	Cu/K	0,7498	0,3941
K/S	2,0914	1,0735	Cu/S	1,6651	1,2996
K/B	0,3446	0,1226	Cu/B	0,2730	0,2010
K/Zn	0,7636	0,1646	Cu/Zn	0,5869	0,3864
K/Mn	0,4861	0,2024	Cu/Mn	0,3843	0,3414
Ca/N	0,6615	0,1095	Mn/Ca	1,7850	1,0510
Ca/P	10,0208	2,0527	Mn/S	5,4646	5,1483
Ca/K	1,4559	0,2605	Mn/B	0,8287	0,4293
Ca/S	2,8917	1,2685	Mn/Zn	1,9123	1,1921
Ca/Zn	1,0873	0,2011	Mn/Fe	0,5444	0,3329
Ca/Cu	2,5864	1,5065	Fe/P	36,101	14,2700
Ca/Fe	0,3071	0,0926	Fe/K	5,3725	2,5203
Mg/N	0,0980	0,0173	Fe/S	10,9353	7,3733
Mg/P	1,4705	0,2403	Fe/Zn	3,9554	1,6004
Mg/K	0,2179	0,0517	Fe/Cu	9,4342	6,2703
Mg/Ca	0,1516	0,0351			

Fonte: Serra (2011), capítulo 1. [†]s=desvio padrão.

O segundo método consistiu na transformação, por logaritmo natural (LN), dos quocientes entre teores de nutrientes na população de referência, sendo dessa forma

utilizados todos os quocientes entre nutrientes, tanto na forma direta (A/B) quanto na inversa (B/A).

18.4 Cálculo das funções DRIS

Em cada amostra a ser avaliada, os desvios das relações duais em relação aos valores médios dos mesmos quocientes na população de referência, foram então determinados de acordo com Jones (1981), em funções DRIS, utilizando-se um fator de ajuste (c) = 1, conforme sugerido por Wadt et al. (1998); Alvarez V. e Leite (1999):

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

18.5 Cálculo dos índices DRIS

O cálculo dos índices DRIS foi realizado seguindo a fórmula geral proposta por Beaufils (1973), em que, para o nutriente A:

$$I_{DRIS A} = \frac{\sum f\left(\frac{A}{B}\right) - \sum f\left(\frac{B}{A}\right)}{n}$$

n = número de funções DRIS envolvidas na análise.

O somatório dos valores em módulo dos índices DRIS constituiu o índice de balanço nutricional (IBN) da amostra sob diagnose, e a divisão do IBN pelo número de I DRIS (n) gerou o índice de balanço nutricional médio ($IBNm$);

$$IBN = |I_{DRIS A}| + |I_{DRIS B}| + |I_{DRIS C}| + \dots + |I_{DRIS N}|$$

$$IBNm = \frac{IBN}{n}$$

Onde: n é o número de índice DRIS de nutrientes envolvidos na análise.

18.6 Interpretação dos índices DRIS

A interpretação dos índices DRIS foi por meio da metodologia proposta por Wadt (1996), em que os índices foram agrupados em três classes, estabelecida a partir do índice DRIS de cada nutriente e o IBNm.

Tabela 2. Critério para a interpretação dos índices DRIS, seguindo a metodologia preconiza por Wadt (1996).

Critério	Estado nutricional
$I \text{ DRIS } A < 0$ e $ I \text{ DRIS } A > \text{IBNm}$	Deficiente
$ I \text{ DRIS } A \leq \text{IBNm}$	Equilibrado
$I \text{ DRIS } A > 0$ e $ I \text{ DRIS } A > \text{IBNm}$	Excesso

A avaliação do estado nutricional dos dois métodos foi comparada pela frequência de diagnoses concordantes (SILVA et al., 2005), obtido através das normas definidas pelo valor F e as normas oriundas da transformação por logaritmo natural (LN).

18.7 Estatística

Para as combinações entre as metodologias de determinação das normas e funções DRIS verificaram-se a hipótese de que a frequência com que cada nutriente ocorreu com resposta positiva à adubação e com alta probabilidade de resposta (p), tenha sido atribuída ao acaso. Para isso, utilizou-se o teste de qui-quadrado (χ^2) de ajustamento, a 1% de probabilidade, com n-1 graus de liberdade (n = número de nutrientes analisados).

Se verdadeira a hipótese considerada, as frequências observadas para todos os nutrientes com potencial de resposta positivo a adubação e com alta probabilidade seriam estatisticamente iguais entre si (URANO et al., 2006; SERRA et al., 2010a). As frequências esperadas (FE) e observadas (FO) foram calculadas da seguinte forma:

$$FE(\%) = \left[\left(\frac{n^0 \text{ total de talhões avaliados}}{n^0 \text{ de nutrientes avaliados}} \right) / (n^0 \text{ total de talhões avaliados}) \right] \cdot 100$$

$$FO(\%) = \left(\frac{n^0 \text{ de talhões em que o nutriente foi (LF)}}{n^0 \text{ total de nutrientes avaliados}} \right) \cdot 100$$

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \left[\frac{(FOi - FEi)^2}{FEi} \right]$$

As análises estatísticas foram realizadas com o uso do SAEG 9.1, e os demais cálculos do DRIS foram realizados com o uso da planilha do EXCEL® (2010) (MICROSOFT CORPORATION, 2010).

19 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As relações duais dos teores foliares dos nutrientes foram transformadas por logaritmo natural (LN), conforme utilizado por Urano et al., 2006; Urano et al., 2007; Serra et al., 2010a,b. A utilização do LN tem a função de corrigir os desvios de simetria, podendo utilizar ou a relação direta ou a inversa.

Alvarez e Leite (1999) observaram que ao utilizar apenas a relação direta (A/B) ou a inversa (B/A) para compor as normas DRIS haviam resultados diferentes com relação ao cálculo dos índices DRIS. Segundo esses autores não seria possível a utilização da forma direta ou inversa, sugerindo que se utilize tanto a forma direta quanto a inversa, para a definição das normas DRIS e cálculo dos índices DRIS, pois, para utilizar uma ou outra forma de expressão teria que haver simetria entre os valores das relações (A/B e B/A) com mesmo desvio padrão.

Contudo, Alvarez V. e Leite (1999) não se atentaram naquela ocasião para a utilização do logaritmo natural, que corrigiria os desvios de simetria entre as relações duais, e proporcionaria valores idênticos tanto para a relação A/B quanto para a B/A mudando apenas o valor do sinal (Tabela 3).

Essa transformação por LN foi sugerida como uma forma de correção dos desvios de simetria entre as relações duais. Beverly (1987) relatou que a utilização da função LN é útil para corrigir desvios de simetria quando se utiliza relações duais. Essa assimetria é reduzida por meio do uso da transformação por logaritmo natural, pois;

$$\text{Log Natural } (a/b) = -\text{Log Natural } \left[\frac{1}{a/b} \right]$$

resultando em sinais invertidos e igual valor da relação dual e desvio padrão (BEVERLY, 1987).

Com a finalidade de simplificar o sistema de cálculo dos índices DRIS, é sugerível que se utilize apenas uma forma de cálculo das relações duais, ou a forma direta (A/B), ou a inversa (B/A) - quando se utiliza a transformação por LN - pois como pode ser observado na Tabela 3, tanto a forma direta como a inversa apresentam o mesmo valor numérico mudando apenas o sinal, com isso, no cálculo dos índices DRIS pode utilizar apenas uma forma de relação, pois os valores dos índices serão os mesmos. Contudo, é necessário utilizar a seguinte fórmula;

$$I_{DRIS A} = \left[\frac{f\left(\frac{A}{B}\right) + f\left(\frac{A}{C}\right) + f\left(\frac{A}{D}\right) + \dots + f\left(\frac{A}{N}\right)}{n} \right]$$

ou

$$I_{DRIS A} = \left[\frac{-f\left(\frac{B}{A}\right) - f\left(\frac{C}{A}\right) - f\left(\frac{D}{A}\right) - \dots - f\left(\frac{N}{A}\right)}{n} \right]$$

n = número de funções DRIS envolvidas na análise.

Tabela 3. Médias e desvio padrão[†] dos quocientes entre teores de nutrientes em folhas de algodão, na subpopulação de alta produtividade, transformados por logaritmo natural (normas DRIS), em amostras coletadas na região de Rondonópolis, MT.

Variável	Média	s [†]	Variável	Média	s [†]
N/P	2,7099	0,1260	S/B	-1,7355	0,4729
N/K	0,7880	0,1719	S/Zn	-0,8990	0,4934
N/Ca	0,4279	0,1793	S/Cu	-0,1760	0,6910
N/Mg	2,3383	0,1766	S/Mn	-1,4265	0,6910
N/S	1,3941	0,5234	S/Fe	-2,2014	0,6075
N/B	-0,341	0,3417	B/N	0,3414	0,3417
N/Zn	0,4950	0,2075	B/P	3,0513	0,3694
N/Cu	1,2180	0,5893	B/K	1,1294	0,3680
N/Mn	-0,0324	0,4581	B/Ca	0,7693	0,2903
N/Fe	-0,8083	0,3414	B/Mg	2,6797	0,3228
P/N	-2,7099	0,1260	B/S	1,7355	0,4729
P/K	-1,9219	0,2192	B/Zn	0,8364	0,3233
P/Ca	-2,2819	0,2236	B/Cu	1,5594	0,7498
P/Mg	-0,3716	0,1737	B/Mn	0,3090	0,4923
P/S	-1,3158	0,5434	B/Fe	-0,4669	0,4612
P/B	-3,0513	0,3694	Zn/N	-0,4950	0,2075
P/Zn	2,2148	0,2131	Zn/P	2,2148	0,2131
P/Cu	-1,4918	0,5738	Zn/K	0,2929	0,2211
P/Mn	-2,7423	0,4180	Zn/Ca	-0,0671	0,1847
P/Fe	-3,5182	0,3681	Zn/Mg	1,8432	0,2327
K/N	-0,7880	0,1719	Zn/S	0,8990	0,4934
K/P	1,9219	0,2192	Zn/B	-0,8363	0,3233
K/Ca	-0,3600	0,1796	Zn/Cu	0,7230	0,6287
K/Mg	1,5503	0,2333	Zn/Mn	-0,5274	0,4591
K/S	0,6061	0,5287	Zn/Fe	-1,3033	0,3762
K/B	-1,1294	0,3680	Cu/N	1,2180	0,5893
K/Zn	-0,2929	0,2211	Cu/P	1,4918	0,5738
K/Cu	0,4301	0,5569	Cu/K	-0,4301	0,5569
K/Mn	-0,8204	0,4818	Cu/Ca	-0,7901	0,5726
K/Fe	-1,5963	0,3997	Cu/Mg	1,1203	0,6339
Ca/N	-0,4279	0,1793	Cu/S	0,1760	0,8732
Ca/P	2,2819	0,2236	Cu/B	-1,5594	0,7498
Ca/K	0,3600	0,1796	Cu/Zn	-0,7230	0,6287
Ca/Mg	1,9103	0,2155	Cu/Mn	-1,2504	0,7757
Ca/S	0,9661	0,4487	Cu/Fe	-2,0263	0,6937
Ca/B	-0,7693	0,2903	Mn/N	0,0324	0,4580
Ca/Zn	0,0671	0,1847	Mn/P	2,7423	0,4180
Ca/Cu	0,7901	0,5726	Mn/K	0,8204	0,4818
Ca/Mn	-0,4604	0,4613	Mn/Ca	0,4603	0,4612
Ca/Fe	-1,2363	0,3614	Mn/Mg	2,3707	0,3823
Mg/N	-2,3383	0,1766	Mn/S	1,4265	0,6910
Mg/P	0,3716	0,1737	Mn/B	-0,3090	0,4923
Mg/K	-1,5503	0,2333	Mn/Zn	0,5274	0,4591
Mg/Ca	-1,9103	0,2155	Mn/Cu	1,2504	0,7757
Mg/S	-0,9442	0,5031	Mn/Fe	-0,7760	0,6018
Mg/B	-2,6797	0,3228	Fe/N	0,8083	0,3414
Mg/Zn	-1,8433	0,2327	Fe/P	3,5182	0,3681
Mg/Cu	-1,1203	0,6339	Fe/K	1,5963	0,3997
Mg/Mn	-2,3707	0,3823	Fe/Ca	1,2362	0,3614
Mg/Fe	-3,1466	0,4266	Fe/Mg	3,1466	0,4266
S/N	-1,3941	0,5234	Fe/S	2,2024	0,6075
S/P	1,3158	0,5434	Fe/B	0,4669	0,4612
S/K	-0,6061	0,5287	Fe/Zn	1,3033	0,3762
S/Ca	-0,96613	0,4487	Fe/Cu	2,0263	0,6937
S/Mg	0,9442	0,5031	Fe/Mn	0,7759	0,6018

A escolha das relações duais pelo valor F (JONES, 1981; LETZSCH et al., 1985) proporcionaram as seguintes relações (Tabela 1), sendo determinada a relação direta (A/B) ou a inversa (B/A), tal metodologia é utilizada com frequência, assim como foi utilizado por Elwali e Gascho (1984); Wadt et al. (1998); GUINDANI et al. (2009); Sema et al. (2010). Ao utilizar o valor F para escolha das relações, as normas apresentam valores diferentes dos que são apresentados na Tabela 3, pois, essas são transformadas por função LN.

Wadt et al. (1998) relatam que o rigor da escolha das relações não interferiu na diagnose nutricional, ao testar as relações que compuseram o cálculo dos índices, ou seja, ao descartar as relações duais que não obtiveram diferença significativa pelo teste F, e ao não descartar essas relações, não houve diferença significativa na avaliação do estado nutricional da cultura do *Eucalyptus grandis*. Guindani et al (2009) utilizaram a relação que obteve maior razão da variância, assim como foi utilizado para o cálculo das normas pelo valor F (Tabela 1).

Com as normas DRIS (valor F e transformadas por LN) estabelecidas (Tabela 1 e 3), foi determinado o IBN dos nutrientes avaliados, sendo os mesmos relacionados com a produtividade a fim de observar a relação entre essas variáveis. Essa relação entre IBN e produtividade já foi utilizada por outros autores (MOURÃO FILHO e AZEVEDO, 2003; SILVEIRA et al., 2005b; GUINDANI et al., 2009), a fim de definir o critério de escolha das normas mais eficaz, ou seja, aquele que apresenta melhor relação entre IBN e produtividade.

Os índices de balanço nutricional (IBN) apresentaram uma relação negativa e significativa ($R^2 = 0,4238$ e $0,4612$, $p < 0,01$) com a produtividade, podendo observar que à medida que reduz o IBN aumenta a produtividade, fato esse que se deve ao menor desequilíbrio nutricional da cultura. No entanto, com esses valores de R^2 (Figura 1A e 1B), pode se inferir que outros fatores além dos nutricionais estão interferindo na produtividade. Resultado semelhante foi encontrado por Baldock e Schulte (1996) obtendo correlação de 0,40 entre IBN e produtividade do milho (*Zea mays*), por meio do DRIS.

Correlações negativas entre IBN e produtividade também foram observadas por Mourão Filho et al., (2001) cultura da laranjeira 'Valência'; Bataglia et al., (2004) cultura do cafeeiro; Nachtigall e Dechen (2007a) cultura da macieira; Guindani et al., (2009) na cultura do arroz; Silva et al. (2009) cultura do algodão.

As normas desenvolvidas com a transformação por LN e valor F apresentaram uma relação linear, com coeficientes de determinação próximos (Figura 1A e 1B). Pode se observar que os IBN apresentaram diferentes valores, no entanto, houve correlação positiva entre os mesmos, quando se utilizou os dois critérios para definição das normas DRIS (Figura 1C). O coeficiente de determinação $R^2 = 0,9515$, $p < 0,001$, leva a confirmação que mesmo desenvolvendo as normas por procedimentos diferentes, o resultado do IBN apresenta bem correlacionado (Figura 1C).

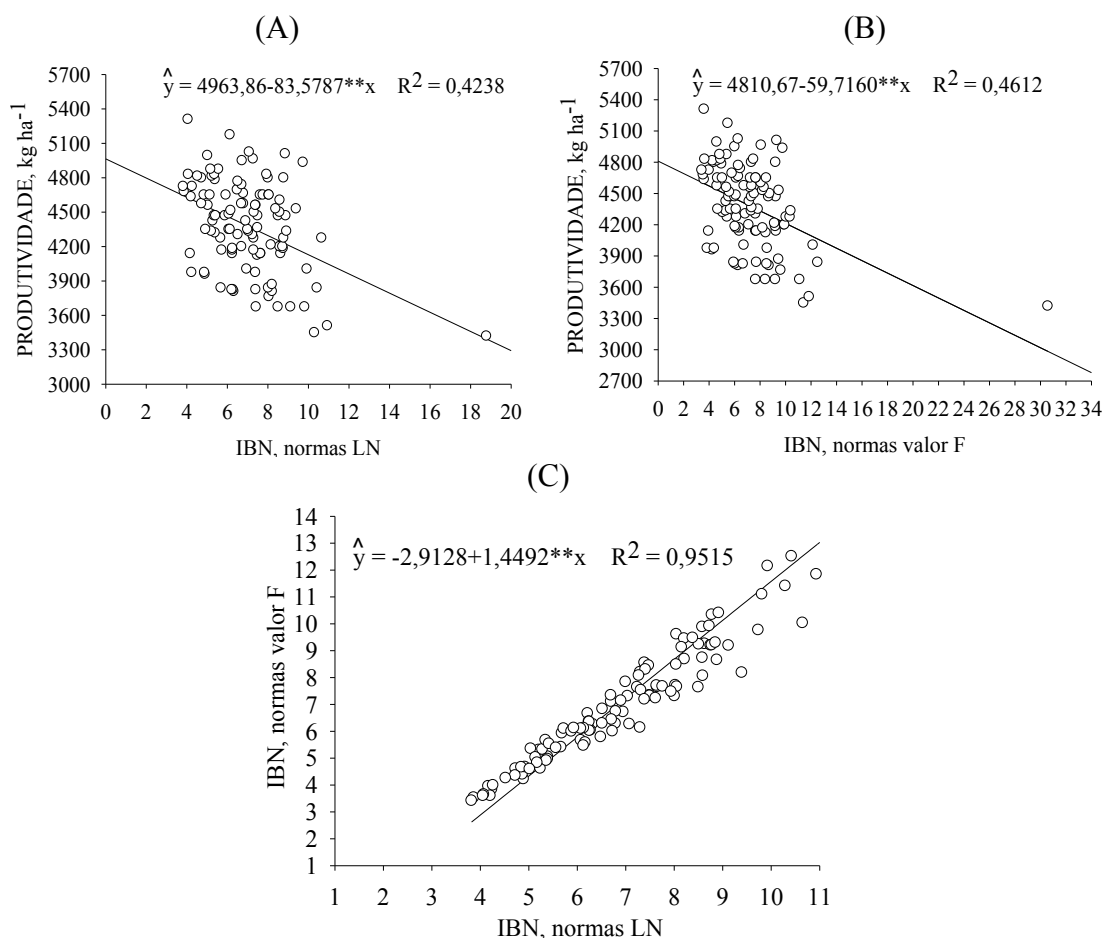


Figura 1. Relação entre índices de balanço nutricional (IBN) e a produtividade de algodão em caroço (kg ha⁻¹): (A) relação entre IBN e produtividade, gerado pelo critério da transformação por logaritmo natural (LN); (B) relação entre IBN e produtividade, gerado pelas normas determinadas pelo valor F; (C) relação entre IBN, normas valor F e normas LN.

Silva et al. (2009) constataram que, dependendo da relação escolhida para compor as normas, a interpretação dos índices divergiam, sendo que os autores interpretaram os índices DRIS pela ordenação dos valores de forma crescente, do mais limitante por deficiência ao mais limitante por excesso.

Foi possível observar que a utilização do logaritmo natural não corrige os desvios de simetria em sua totalidade, pois, 7,2% das relações duais apresentaram desvio de simetria após a utilização do LN.

Urano et al. (2006, 2007) registram que a mesmo utilizando o LN nas relações duais, 5,5% das mesmas mantiveram assimétricas, e Serra et al. (2010a) obteve uma distribuição normal em 95,5% das relações duais após o uso do LN. Contudo, os autores utilizaram todas as relações duais, sem descartar as que apresentaram assimétricas, mesmo porque, o número de relações assimétricas foi pequeno em comparação as que apresentaram simetria.

Pode se observar que para todos os índices dos macronutrientes avaliados, nas duas formas de determinação das normas, o coeficiente de determinação esteve acima de $R^2 > 0,96$, $p < 0,001$, sendo altamente relacionado os índices DRIS (I DRIS) (Figura 2).

Esse resultado é um indicativo de que é favorável a diagnose nutricional por ambos critérios das normas, não havendo discrepância entre os dois métodos testados, tendo em vista que, a forma de cálculo das normas ou índices DRIS podem levar a diferentes resultados de diagnose. Conforme Wadt et al (1998) a diferença entre forma de cálculo das normas pode conduzir a diagnósticos discordantes, sendo tal fato incontundente quando se imagina que o estado nutricional da planta deva estar a dependência de uma metodologia e não do real estado nutricional que a mesma se encontra.

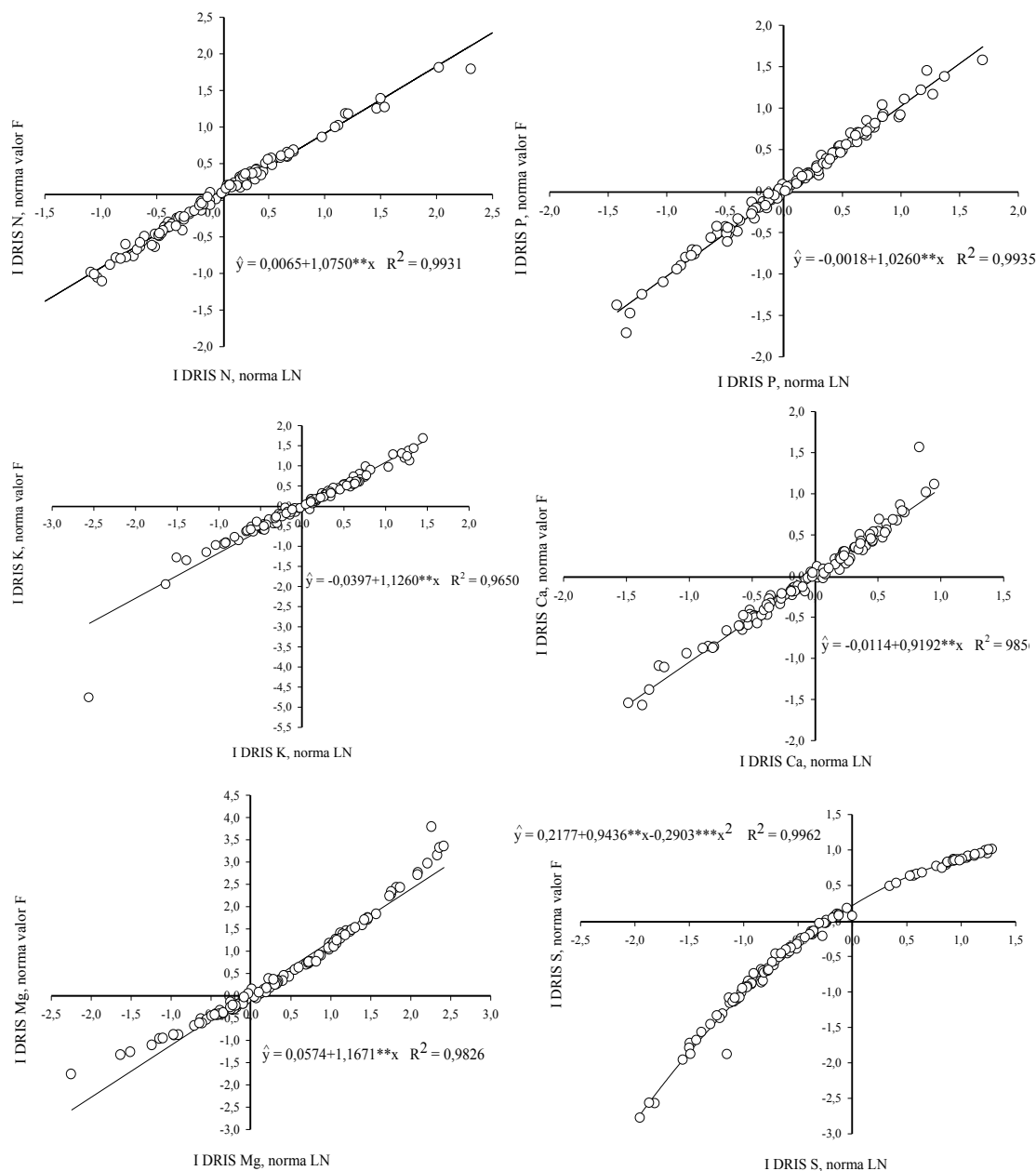


Figura 2. Correlação dos índices DRIS (I DRIS), dos macronutrientes, gerados com as normas pelo critério da transformação por logaritmo natural (LN) e as normas definidas pelo valor F.

Os índices DRIS gerados para os micronutrientes, apresentaram, assim como para os macronutrientes, coeficiente de determinação acima de 0,96, $p < 0,001$, comprovando a alta relação entre as normas em estudo (Figura 3). Silva et al. (2009) teve como resultado que, ao utilizar as normas com escolha das relações pelo valor r (NICK, 1998) e valor F (JONES, 1981; LETZSCH, 1985), houve diferenças na avaliação do estado nutricional na cultura do algodoeiro, apresentando diagnoses

diferentes pelo DRIS, quando se utilizou a função de cálculo dos índices DRIS preconizada por Beaupils (1973).

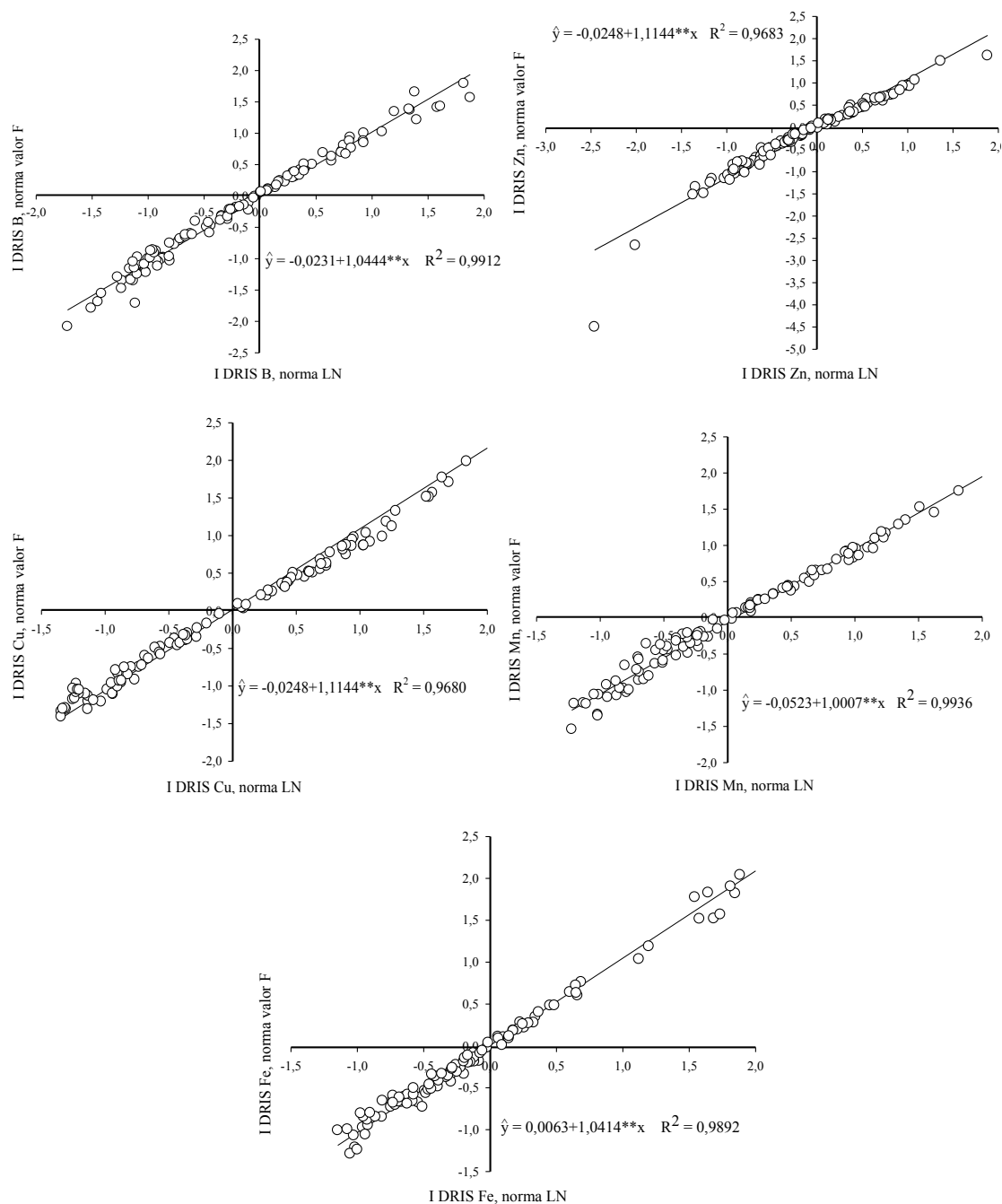


Figura 3. Correlação dos índices DRIS (I DRIS), dos micronutrientes, gerados com as normas pelo critério da transformação por logaritmo natural (LN) e as normas definidas pelo valor F.

Com a finalidade de se avaliar a capacidade dos critérios de escolha das normas pelo valor F e logaritmo natural, em apontar os diagnósticos dos nutrientes como limitantes por falta (LF), foi realizado o teste de qui-quadrado de Pearson a 1% de probabilidade. Pode se registrar que as frequências observadas foram diferentes das frequências esperadas (Tabela 4). Dessa forma, foi rejeitada a hipótese de que as frequências eram iguais e aceitou que os dois critérios para determinação das normas DRIS foram capazes de diagnosticar o estado nutricional, por meio da interpretação dos índices DRIS definida por Wadt (1996) (Tabela 4).

Ao avaliar o estado nutricional da cultura do algodoeiro, Serra et al. (2010a) observaram que o critério de definição das normas DRIS com a transformação por logaritmo natural para a cultura foi capaz de apontar desequilíbrios nutricionais, sendo comprovado pelo teste de qui-quadrado de Pearson a 1% de probabilidade.

Tabela 4. Valores de frequência observadas e esperada de qui-quadrado (χ^2), como limitante por falta (LF), pelo método DRIS com as normas transformadas por logarítmico natural (LN) e valor F.

Nutriente	Critério para definição das normas DRIS					
	-----DRIS – normas LN-----			-----DRIS – normas valor F-----		
	[†] FO	^{††} FE	(FO-FE) ² /FE	[†] FO	^{††} FE	(FO-FE) ² /FE
N	12,0	9,09	0,96	11,1	9,09	0,45
P	11,1	9,09	0,45	12,0	9,09	0,96
K	14,8	9,09	3,61	15,7	9,09	4,87
Ca	12,0	9,09	0,96	10,2	9,09	0,13
Mg	11,1	9,09	0,45	10,2	9,09	0,13
S	37,0	9,09	85,92	42,6	9,09	123,48
B	35,2	9,09	74,91	36,1	9,09	80,32
Zn	25,9	9,09	31,18	24,1	9,09	24,70
Cu	32,4	9,09	59,81	34,3	9,09	69,69
Mn	26,9	9,09	34,71	23,1	9,09	21,74
Fe	25,9	9,09	31,18	26,9	9,09	34,71
χ^2	324,14**			361,18**		

[†]FO e ^{††}FE correspondem às frequências observada e esperada, respectivamente. **, p < 0,01.

Com a avaliação do estado nutricional pela metodologia desenvolvida por Wadt (1996), a qual consiste na interpretação dos índices DRIS pelo potencial de resposta à adubação, foi possível observar que as normas comportaram se de forma semelhante, diagnosticando com maior frequência como limitante por falta o S, seguido do B e Cu (Tabela 5).

Houve predominância entre os métodos em diagnosticar a maior proporção de talhões como não limitantes, sendo que, o Ca, N e P, foram os nutrientes que apresentaram maior diagnóstico como não limitantes, havendo concordância entre os

métodos testados. Serra et al. (2010a) observaram que a maior parte dos diagnósticos foram não limitantes, sendo que os autores avaliaram o estado nutricional com as normas DRIS pelo critério da transformação por logaritmo natural e pelo sistema de diagnose da composição nutricional (CND), em lavoura de algodoeiro localizada na região oeste do estado da Bahia.

Os métodos foram concordantes em diagnosticar o S como o elemento que apresentou à maior frequência de talhões como limitante por falta, seguido pelo B e Cu (Tabela 5). A concordância entre os critérios de definição das normas esteve entre 93,5 e 99,1%, fato que condiz com a alta correlação entre os índices DRIS oriundos das duas normas avaliadas (Tabela 6).

Tabela 5. Frequência de diagnose do estado nutricional de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, determinada pelas normas no critério da transformação por logaritmo natural e valor F na subpopulação de baixa e alta produtividade.

Nutriente	Norma DRIS	Estado nutricional		
		[†] LF	^{††} NL	^{†††} LE
		-----%-----		
N	LN	12,0	73,1	14,8
	Valor F	11,1	74,1	14,8
P	LN	11,1	73,1	15,7
	Valor F	12,0	71,3	16,7
K	LN	14,8	65,7	19,4
	Valor F	15,7	63,9	20,4
Ca	LN	12,0	80,6	7,4
	Valor F	10,2	81,5	8,3
Mg	LN	11,1	48,1	40,7
	Valor F	10,2	49,1	40,7
S	LN	37,0	38,9	24,1
	Valor F	42,6	32,4	25,0
B	LN	35,2	46,3	18,5
	Valor F	36,1	45,4	18,5
Zn	LN	25,9	62,0	12,0
	Valor F	24,1	63,0	13,0
Cu	LN	32,4	37,0	30,6
	Valor F	34,3	32,4	33,3
Mn	LN	26,9	47,2	25,9
	Valor F	23,1	49,1	27,8
Fe	LN	25,9	61,1	13,0
	Valor F	26,9	60,2	13,0

[†]LF: Limitante por Falta; ^{††}NL: Não Limitante; ^{†††}LE: Limitante por Excesso.

Tabela 6. Frequência de talhões com diagnoses[†] concordantes do estado nutricional, determinado pelos critérios valor F e transformação por logaritmo natural (LN).

EN	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu	Mn	Fe
Valor F vs. LN	99,1	96,3	95,4	97,2	99,1	95,4	97,2	95,4	95,4	93,5	97,2

[†] método de Wadt (1996).

20 CONCLUSÕES

1. Os dois métodos de determinação das normas DRIS - valor F e logaritmo natural - apresentaram índices DRIS convergentes, para todos os índices dos nutrientes avaliados.
2. Tanto as normas desenvolvidas por logaritmo natural, quanto às normas definidas pelo valor F, são capazes de diagnosticar o estado nutricional.
3. O procedimento de escolha das normas pela transformação do logaritmo natural se mostra como uma metodologia mais simples, podendo utilizar apenas uma forma de expressão da relação dual (A/B ou B/A) para o cálculo das funções DRIS.

21 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ VENEGAS, V.H.; LEITE, R. de A. Fundamentos estatísticos das fórmulas usadas para cálculo dos índices DRIS. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.20-25, 1999.

BALDOCK, J.O.; SCHULTE, E.E. Plant analysis with standardized scores combines DRIS and sufficiency range approaches for corn. **Agronomy Journal**, v.88, n.3, p.448-456, 1996.

BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A.; SANTOS, W.R.; ABREU, M.F. Diagnose nutricional do cafeeiro pelo dris variando-se a constante de sensibilidade dos nutrientes de acordo com a intensidade e frequência de resposta na produção. **Bragantia**, v.63, n.2, p.253-263, 2004.

BAILEY, J.S.; RAMAKRISHNA, A.; KIRCHHOF, G. An evaluation of nutritional constraints on sweet potato (*Ipomoea batatas*) production in the central highlands of Papua New Guinea. **Plant Soil**, v.316, p.97-105, 2009.

BEAUFILS, E.R. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). A general scheme of experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. South Africa: University of Natal, Pietermaritzburg. 1973. 132p. (Soil Science Bulletin, 1).

BEVERLY, R.B. Modified DRIS method for simplified nutrient diagnosis of 'Valencia' oranges. **Journal of plant Nutrition**, v.10, p.1401-1408, 1987.

BEVERLY, R.B. A Practical Guide to the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS); Micro-Macro Publishing, Inc.: Athens, GA, 1991. 385p.

DIAS, J.R.M.; WADT, P.G.S.; LEMOS, C.O.; DELARMELINDA, E.A.; SOLINO, J.S.; TAVELLA, L.B. Relações nutricionais log-transformadas para avaliação nutricional de cupuaqueiros comerciais. **Acta Amazonica**, v.40, n.1, p.37-42, 2010.

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro nacional de pesquisa de solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: 2006. 169p.

GUINDANI, R.H.P.; ANGHINONI, I.; NACHTIGALL, G.R. DRIS na avaliação do estado nutricional do arroz irrigado por inundação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.109-118, 2009.

HUNDAL, H.S.; SINGH, D.; BRAR, J.S. Diagnosis and Recommendation Integrated System for monitoring nutrient status of mango trees in Submountainous area of Punjab. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.36, n.15, p.2085-2099, 2005.

JONES, C.A. Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analyses. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.12, p.785-794, 1981.

KHIARI, L.; PARENT, L.E. & TREMBLAY, N. Critical compositional nutrient indexes for sweet corn at early growth stage. **Agronomy Journal**, 93:809-814, 2001.

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.

MCCRAY, J.M.; JI, S.; POWELL, G.; MONTES, G.; PERDOMO, R. Sugarcane Response to DRIS-Based Fertilizer Supplements in Florida. **Agronomy Journal & Crop Science**, v.196, p.66-75, 2010.

MALAVOLTA E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Princípios, métodos e técnicas de avaliação do estado nutricional. In: MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA,

S.A., eds. 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.

MARUR, C.J.; RUANO, O. A reference system for determination of developmental stages of upland cotton. **Revista Oleaginosa e Fibrosa**, v.5, p.313-317, 2001.

MICROSOFT CORPORATION: Excel Software. Microsoft Corp., Redmond, WA. 2010.

MOURÃO FILHO, F.A.A.; AZEVEDO, J.C.; NICK, J.A. Funções e ordem da razão dos nutrientes no estabelecimento de normas DRIS em laranjeiras ‘Valência’. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 2, p.185-192, 2002.

MOURÃO FILHO, F.A.A.; AZEVEDO, J.C. DRIS norms for ‘Valencia’ sweet orange on three rootstocks. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.85-93, 2003.

NACHTIGALL, G.R.; DECHEN, A.R. DRIS norms for evaluating the nutritional state of apple tree. **Scientia Agricola**, v.64, n.3, p.282-287, 2007a.

NACHTIGALL, G.R.; DECHEN, A.R. DRIS Use on apple orchard nutritional evaluation in response to potassium fertilization. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.38, n.17, p.2557-2566, 2007b.

NICK, J.A. DRIS para cafeeiros podados. Piracicaba:USP/ESALQ, 1998. 86p. (Dissertação - Mestrado).

PARENT, L.E.; DAFIR, M. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.117, p.239-242, 1992.

RAGHUPATHI, H. B., REDDY, Y. T. N., REJU, M. KURIAN; BHARGAVA, B. S. Diagnosis of Nutrient Imbalance in Mango by DRIS and PCA Approaches. **Journal of Plant Nutrition**, v.27, n.7, p.1131-1148, 2005.

RAMAKRISHNA, A.; BAILEY, J.S.; KIRCHHOF, G. A preliminary diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) model for diagnosing the nutrient status of sweet potato (*Ipomoea batatas*). **Plant and Soil**, v.316, p.107–116, 2009.

REIS JUNIOR, 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, n.12, p.2831-2851, 2002a.

REIS JUNIOR, R.A. DRIS norms universality in the corn crop. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.33, n.5, p.711-735b, 2002b.

SEMA, A.; MAITI, C.S.; SINGH, A. K.; BENDANGSENGLA, A. DRIS nutrient norms for pineapple on alfisols of India. **Journal of Plant Nutrition**, v.33, n.9, p.1384-1399, 2010.

SERRA, A.P.; MARCHETTI, M.E.; VITORINO, A.C.T.; NOVELINO, J.O.; CAMACHO, M.A. Desenvolvimento de normas DRIS e CND e avaliação do estado nutricional da cultura do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.34, n.1, p.97-104, 2010a.

SERRA, A.P.; MARCHETTI, M.E.; VITORINO, A.C.T.; NOVELINO, J.O.; CAMACHO, M.A. Determinação de faixas normais de nutrientes no algodoeiro pelos métodos CHM, CND e DRIS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.1, p.105-113, 2010b.

SILVA, M.A.C.; NATALE, W.; MALHEIROS, E.B.; PAVINATO, A. Estabelecimento e validação de normas DRIS para a cultura do algodão no centro-oeste do Brasil. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.31, n.1, p.93-99, 2009.

SILVA, G.G.C.; NEVES, J.C.L.; ALVAREZ V., V.H. Avaliação da universalidade das normas DRIS, M- DRIS e CND. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2005, v.29, n.5, p.755-761, 2005.

SILVEIRA, C.P.; NACHTIGALL, G.R.; MONTEIRO, F.A. Norms for the diagnosis and recommendation integrated system for signal grass. **Scientia Agricola**, v.62, n.6, p.513-519, 2005a.

SILVEIRA, C.P.; NACHTIGALL, G.R.; MONTEIRO, F.A. Testing and validation of methods for the diagnosis and recommendation integrated system for signal grass. **Scientia Agricola**, v.62, n.6, p.520-527, 2005b.

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. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.9, p.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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.63-72, 2007.

URRICARIET, S.; LAVADO, R.S.; MARTIN, L. Corn Response to Fertilization and SR, DRIS, and PASS Interpretation of Leaf and Grain Analysis. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.35, n.3, p.413-425, 2004.

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, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1996. 123p. (Tese de Doutorado)

WADT, P.G.S.; NOVAIS, R.F. de; ALVAREZ VENEGAS, V.H.; FONSECA, S.; BARROS, N.F. de; DIAS, L.E. Três métodos de cálculo do DRIS para avaliar o potencial de resposta à adubação de árvores de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.661-666, 1998.

WADT, P.G.S.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BRAGANÇA, S.M.. Alternativas de aplicação do "DRIS" à cultura de café Conilon (*Coffea canephora* Pierre). **Scientia Agricola**, v.56 n.1, 1999.

WADT, P.G.S. Relationships between soil class and Nutritional status of coffee plantations. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.227-234, 2005.

WADT, P.G.S.; SILVA, D.J.; MAIA, C.E.; TOMÉ JR, J.B.T.; PINTO, P.A.C.; MACHADO, P.L.O.A. Modelagem de funções no cálculo dos índices DRIS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.1, p.57-64, 2007.

WALWORTH, J.L.; SUMNER, M.E. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). **Advance in Soil Science**, v.6, p.149-188, 1987.

22 CAPÍTULO 4: DESENVOLVIMENTO DAS FAIXAS DE BEAUFILS PARA AVALIAR O ESTADO NUTRICIONAL DO ALGODOEIRO

Autor: Dr Ademar Pereira Serra

Orientador (a): Dr^a Marlene Estevão Marchetti

23 RESUMO

A relação entre teores de nutrientes e índices DRIS é uma prática útil para determinar faixas adequadas de nutrientes para a interpretação dos teores dos nutrientes na análise química de tecido foliar. O objetivo nesse trabalho foi criar as faixas de Beaufils a partir de modelos estatísticos do relacionamento entre teores foliares e índices DRIS, gerados por dois sistemas de normas DRIS - valor F e transformação por logaritmo natural -, e avaliar o estado nutricional do algodoeiro, por meio das faixas de Beaufils. Dados de produtividade, de talhões com média de 100 ha, e teores foliares (macro e micronutrientes) da cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* r. *latifolium*) procedente da safra de 2004 - 2005 foram selecionados para compor a base de dados. O critério para definir a população de referência consistiu nos talhões que apresentavam valores acima da média + 0,5 desvio-padrão (4.575 kg ha⁻¹ de algodão em caroço). O modelo estatístico que teve o melhor ajuste foi o linear, entre teores de nutrientes e índices DRIS, com $R^2 > 0,8090$, $p < 0,01$, com exceção ao N que apresentou $R^2 = 0,5987$, $p < 0,01$. Os dois critérios foram eficientes para diagnosticar o estado nutricional da planta, não sendo os diagnósticos ao acaso, e sim pela eficácia do método que foi testado pelo teste do qui-quadrado. A concordância entre os métodos, na avaliação do estado nutricional esteve entre 92,59 a 100%, com exceção ao S que teve 74,07% de concordância.

Termos de indexação: Nutrição mineral, *Gossypium hirsutum* r *latifolium*, diagnose foliar, DRIS.

24 DEVELOPMENT OF BEUAFILS' HANGES FOR ASSESSING THE NUTRITIONAL STATUS OF COTTON CROP

Author: PhD Ademar Pereira Serra

Adviser: PhD Marlene Estevão Marchetti

25 ABSTRACT

The relationship between nutrient concentration and DRIS index is a useful practice to determine appropriate ranges of nutrients for the interpretation of nutrient composition on the chemical analysis of leaf tissue. The aim in this work was developed Beaufils' hanges, from statistical models of the relationship between DRIS index and foliar contents, generated by two systems of DRIS norms - F value and transformation by natural logarithm - and assess the nutritional status of the cotton, through the Beaufils' hanges. Yield data of plots and foliar-nutrient concentrations of the cotton crop from 2004 - 2005 crop season were selected to compose the database. The whole population was divided into a number of two sub-groups based on the average yield level obtained at grower's field (4,575 kg ha⁻¹ seed cotton as cut-off yield level to separate the sub-populations). The statistical model that achieved the best fit was linear, with $R^2 > 0.8090$, $p < 0.01$, except for N showed that $R^2 = 0.5987$, $p < 0.01$. The two criteria were effective in diagnosing nutritional status, not being the diagnostic at random, but by the efficiency of the method, that was being tested by chi-square. The agreement between the methods to assess nutritional status was between 92.59 to 100%, except for S which had 74.07% agreement.

Index terms: Mineral nutrition, *Gossypium hirsutum* r *latifolium*, leafs diagnose, DRIS.

26 INTRODUÇÃO

Os métodos de interpretação de análise química em folhas, que são utilizados tradicionalmente para avaliação do estado nutricional da cultura do algodoeiro são a faixa de suficiência e o nível crítico, sendo tais métodos denominados de univariados, pois leva em consideração apenas a concentração individual do nutriente no tecido foliar, não fornecendo o balanço nutricional. No entanto, o sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) (BEAUFILS, 1973) vem sendo uma alternativa a esses métodos tradicionais, pois o mesmo relaciona os teores dos nutrientes, por meio de relações duais, possibilitando uma avaliação do balanço nutricional da planta, podendo ordenar a limitação nutricional por ordem de grandeza.

O DRIS incorpora o conceito de balanço nutricional entre os nutrientes no tecido da planta (BALDOCK e SCHULTE, 1996). Para que seja possível a determinação do balanço nutricional, é necessário determinar os índices DRIS para cada elemento que está presente na análise química da planta, sendo tais índices originados da média aritmética das funções DRIS, em que o elemento está envolvido.

O desvio calculado entre as relações duais da amostra e as mesmas relações das normas DRIS assume valores positivos e negativos, dependendo do direcionamento das relações duais em relação à norma. Quando os valores desses índices se aproximam de zero, há uma proximidade das relações duais da amostra com as referidas normas DRIS, dessa forma, quanto mais próximo de zero estiverem os índices, menor o desequilíbrio nutricional.

Tendo como base esse princípio, modelos estatísticos vêm sendo ajustados, onde propõem relacionamentos entre índice DRIS e teores foliares de nutrientes (WADT et al., 1998; URANO et al. 2006; SERRA et al., 2010b).

Pelo fato de que, o teor ótimo corresponde ao valor do índice DRIS que corresponde à zero, modelos estatísticos podem ser ajustados para determinar as faixas adequadas de nutrientes. Beaufils (1973) determina que as faixas normais de nutrientes estariam entre $-4/3$ s e $4/3$ s, sendo valores abaixo do mínimo, considerado deficiente e acima do máximo, excessivo. Essa metodologia é definida na literatura como faixas de Beaufils.

O desenvolvimento de faixas normais de nutrientes para cada região produtora é de suma importância, pois, observa-se que produtores rurais utilizam tabelas com faixas de suficiência desenvolvidas em regiões distintas do local de cultivo. As faixas de Beaufils são úteis, pois, de uma forma simples o produtor rural pode fazer uma

avaliação do estado nutricional de sua cultura, a partir de uma análise foliar, comparando os teores da análise foliar com as faixas de Beaufils.

O objetivo nesse trabalho foi desenvolver as faixas de Beaufils, a partir de modelos estatísticos do relacionamento entre teores foliares e índices DRIS, gerados por dois sistemas de normas DRIS - valor F e transformação por logaritmo natural -, e avaliar o estado nutricional do algodoeiro, por meio das faixas de Beaufils.

27 REVISÃO DE LITERATURA

27.1 Índices DRIS

O Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) foi desenvolvido por Beaufils em 1973, na África do Sul, com base nos estudos inicialmente chamados “Diagnose Fisiológica”, realizados em meados da década de 50.

A partir de normas DRIS - média e desvio padrão das relações duais da população de referência - o sistema avalia os fatores nutricionais que estão influenciando na produtividade, por meio de índices DRIS, que tem como objetivo informar a ordem de limitação dos nutrientes, tanto por falta como por excesso.

O índice DRIS é calculado para cada nutriente que integra a análise. Este índice é baseado na média das funções DRIS em que o nutriente em análise está envolvido. Dessa forma, o valor ótimo de cada índice DRIS será zero. Índices negativos indicam possível limitação por deficiência e positivo indicaria possível limitação por excesso (JONES, 1981).

Para obter os índices DRIS é necessário que se calcule a priori as funções DRIS, que seria os desvios das relações duais (A/B) das amostras com relação às mesmas relações das normas (a/b). O cálculo das funções DRIS pode ser realizado por três fórmulas, que são utilizadas com frequência na literatura (BEAUFILS, 1973; JONES, 1981; ELWALI e GASCHO, 1984).

Beaufils (1973):

Para $A/B < a/b$;

$$f\left(\frac{A}{B}\right) = \left[1 - \frac{a/b}{A/B}\right] \cdot \frac{100 \cdot K}{CV\%}$$

$f(A/B)=0$, para $A/B = a/b$

Para $A/B > a/b$;

$$f\left(\frac{A}{B}\right) = \left[\frac{A/B}{a/b} - 1\right] \cdot \frac{100 \cdot K}{CV\%}$$

Jones (1981):

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

Elwali e Gascho (1984):

Para $A/B < a/b - 1s$

$$f\left(\frac{A}{B}\right) = \left[1 - \frac{a/b}{A/B}\right] \cdot \frac{100 \cdot K}{CV\%}$$

$f(A/B)=0$, para o intervalo entre $A/B-1s$ a $A/B+1s$

Para $A/B > a/b + 1s$

$$f\left(\frac{A}{B}\right) = \left[\frac{A/B}{a/b} - 1\right] \cdot \frac{100 \cdot K}{CV\%}$$

Onde: A/B = relação entre a concentração de nutrientes A e B na amostra a ser diagnosticada; a/b = relação entre a concentração de nutrientes a e b na norma; CV = coeficiente de variação para a relação na norma DRIS; s = desvio padrão na relação; K ou C = constante de sensibilidade.

Tomando como exemplo a fórmula de Jones (1981), quando o valor da relação (A/B) se aproxima do valor (a/b) da norma, tem-se uma aproximação com o valor padrão ou normas DRIS, que é o valor adequado. Dessa forma a função (A/B) irá apresentar um valor baixo e, se esse valor da função (A/B) for zero, diz que esse valor é ideal, pois o desvio da relação dual em comparação com a norma foi pequeno, ou seja, zero (JONES, 1981). No entanto, é baixa a probabilidade de ocorrência de um valor igual a zero para função DRIS, contudo, tem-se valores positivos ou negativos.

Somando-se todas as funções DRIS em que um dado nutriente está contido e, calculando sua média, obtém-se os índices DRIS para cada nutriente. Assim quanto menor o índice DRIS, menor o desequilíbrio nutricional, ou seja, menor o desvio das relações duais da amostra em comparação às normas.

$$I_{DRIS A} = \frac{\sum f\left(\frac{A}{B}\right) - \sum f\left(\frac{B}{A}\right)}{n}$$

n = número de funções DRIS de cada relação dual definida pelo critério de escolha da norma (BEAUFILS, 1973).

27.2 Balanço nutricional

Quando se avalia o estado nutricional das plantas, busca-se o equilíbrio nutricional da planta; no entanto, tal objetivo não pode ser alcançado quando se utiliza

os métodos tradicionais de diagnose nutricional, como a faixa de suficiência e nível crítico, pois os mesmos levam em consideração apenas as concentrações individuais dos nutrientes na planta, sem haver o relacionamento entre esses nutrientes.

O sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) proporciona o relacionamento entre os nutrientes, por meio de relação dual (A/B e/ou B/A). Dessa forma é possível por meio do cálculo de índices DRIS, obter o balanço nutricional (BALDOCK e SCHULTE, 1996). Além dos índices DRIS, que podem assumir valores positivos e negativos, há o índice de balanço nutricional (IBN), que é a soma em módulo dos índices DRIS de uma amostra e, dessa forma quanto menor o valor do IBN mais equilibrada estaria a lavoura.

A despeito da diagnose do estado nutricional, o DRIS pode ser uma ferramenta útil para indicar situações em que a produtividade está sendo limitada por outros fatores, não nutricionais, no entanto, o mesmo não consegue discriminar os fatores que estariam limitantes. Em lavouras que apresentam baixo IBN e baixa produtividade é de se esperar que outros fatores estariam limitando a produtividade, não sendo uma limitação pelo estado nutricional da planta (BEAUFILS, 1973).

O IBN vem sendo utilizado para comprovar a eficácia do sistema DRIS em diagnosticar o estado nutricional da planta, pois, quanto maior a relação entre IBN e produtividade melhor a resposta do sistema de diagnose em apontar o estado nutricional das plantas (SILVEIRA et al., 2005b). GUINDANI et al. (2009) utilizaram o IBN para selecionar a população de referência para compor as normas DRIS, relacionando o IBN com faixas de produtividade e, a faixa de produtividade que apresentou o maior coeficiente de determinação (R^2) foi selecionada como população de referência.

27.3 Relação entre índice DRIS e teor foliar

Tomando como princípio que o valor nulo dos índices DRIS configura o equilíbrio nutricional, é possível dessa forma relacionar os teores dos nutrientes com os índices DRIS, e obter as faixas de suficiência, por meio do ajuste de modelos estatísticos ao relacionamento entre índices DRIS e teores foliares, na subpopulação de alta produtividade (URANO et al., 2007; GUINDANI et al., 2009; SERRA et al., 2010b). Na literatura observa-se que alguns autores obtiveram por meio desse relacionamento o teor ótimo, o qual é possível de obter ao associar os índices DRIS

nulo com seu respectivo valor do nutriente no tecido foliar (WADT et al., 1998; REIS JÚNIOR et al., 2002; REIS JÚNIOR e MONNERAT, 2003; GUINDANI et al., 2009).

Ao correlacionar os teores dos nutrientes com seus respectivos índices DRIS, Reis Junior et al. (2002) verificaram uma correlação positiva e significativa ($p < 0,01$). Essa correlação positiva e significativa aumenta a segurança para a utilização das normas DRIS, pois, baixos teores de nutrientes estiveram associados a baixos índices DRIS, o que indica limitação nutricional e que o método foi eficiente para tal indicação. Contudo, Reis Junior et al. (2002) observou que o nitrogênio e o enxofre foram os nutrientes que apresentaram os menores coeficientes de correlação (0,47 e 0,55, respectivamente), no entanto, esses coeficientes foram significativos.

Nachtigall e Dechen (2007a) registraram que ao relacionar índice DRIS para o N com seu teor foliar, o coeficiente de determinação apresentava baixo (0,28) quando utilizou o método de cálculo das funções DRIS sugerida por Jones (1981) e a escolhas das relações duais para determinação das normas pelo valor F (JONES, 1981; LETZSCH, 1985). O mesmo comportamento foi observado por Guindani et al. (2009), ocasião em que registrou baixo coeficiente de determinação para a relação N e índice DRIS para N.

A baixa correlação que vem sendo observada para o N, no entanto, significativa, se deve ao fato de outros fatores estarem influenciando no cálculo do índice DRIS para o N, havendo a possibilidade de serem fatores não nutricionais, tais como pragas, doenças, regime hídrico, e até mesmo a própria concentração dos demais nutrientes que podem influenciar no cálculo do índice DRIS para o N.

Pode-se observar que os valores do coeficiente de determinação variam conforme a cultura que se estuda e da origem do banco de dados. O coeficiente de determinação apresentando significativo até 5% de probabilidade, já é uma condição favorável para os modelos estatísticos de regressão (SERRA et al., 2010b).

27.4 Interpretação dos teores foliares pela faixa de Beaufils

A determinação das faixas de Beaufils consiste na determinação de faixas ótimas de nutrientes para a interpretação dos teores foliares dos nutrientes. Esse método consiste na determinação das faixas por meio dos modelos estatísticos de relacionamento entre teores foliares e índices DRIS, sendo que, Beaufils (1973)

considerou que a partir dos valores ótimos de índices DRIS eram determinados os intervalos de desvio padrão dos índices DRIS para cada faixa de avaliação nutricional. Seguindo esse critério, a faixa que compreenderia os nutrientes em deficiência seria a que estivesse abaixo de $-4/3$ de desvio padrão (s); tendência a deficiência entre $-4/3$ a $-2/3$ s; suficiente entre $-2/3$ a $2/3$ s; tendência a excessiva $2/3$ a $4/3$ s; excessiva maior que $4/3$ s.

Dessa maneira criam-se as faixas de Beaufils, as quais podem ser utilizadas para interpretar os teores dos nutrientes da análise foliar. Sendo tal uso, recomendado para regiões específicas onde as mesmas foram determinadas, pois se extrapolar para outras regiões é de se esperar que os resultados não sigam uma resposta favorável.

28 MATERIAL E MÉTODOS

28.1 Local de coleta

Este trabalho foi realizado com dados oriundos de lavouras comerciais de algodão, no ano agrícola de 2004/2005, na região Sul do Mato Grosso, em torno das coordenadas geográficas 12° 41'S e 45° 40'W, com altitude média de 497 m. O solo da região de estudo é predominantemente constituído por Latossolo Vermelho distroférico. As lavouras foram conduzidas em sistema de plantio convencional. As variedades que compuseram a base de dados foram: DeltaOpal, DeltaPenta, DeltaPine Acala 90, CNPA ITA 90, FiberMax 966.

28.2 Formação da base de dados

Foram utilizadas para compor a base de dados 108 amostras compostas de folhas completas (limbo + pecíolo), sendo que cada uma dessas amostras foi formada por 30 amostras simples que foram selecionadas aleatoriamente em cada talhão comercial que apresentava uma área média de 100 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 e Ruano (2001). As amostras foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, até peso constante e passadas em moinho com peneira de 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, Zn, Cu, Mn e Fe, conforme metodologia descrita em Malavolta et al. (1997). As informações utilizadas para a formação da base de dados e para o desenvolvimento do DRIS foram os teores totais de macronutrientes (g kg⁻¹) e micronutrientes (mg kg⁻¹) nas folhas e a produtividade de algodão em caroço (kg ha⁻¹). A base de dados foi dividida em duas subpopulações, utilizando a média + 0,5 desvio-padrão como critério para separar as populações (SILVA et al., 2005; URANO et al., 2006; URANO et al., 2007), uma com produtividade acima de 4.575 kg ha⁻¹ (média + 0,5 desvio-padrão) e outra com produtividade abaixo de 4.575 kg ha⁻¹.

28.3 Critérios para determinação das normas DRIS

Foram testados dois métodos de escolha das normas (média e desvio padrão das relações entre nutrientes na população de referência), sendo o método determinado por valor F (JONES, 1981; LETZSCH 1985; WALWORTH e SUMNER, 1987) e a transformação, por função logaritmo natural (LN) dos quocientes entre os teores de nutrientes (URANO et al., 2006, URANO et al., 2007; SERRA et al., 2010a,b).

A determinação da relação (A/B ou B/A) para compor a norma pelo método da razão das variâncias, valor F, foi definida com a relação entre as variâncias, da população de baixa produtividade (não referência) e de alta produtividade (referência), e, foi escolhida a ordem da relação que apresentou o maior valor entre as razões das variâncias (JONES, 1981; LETZSCH 1985; WALWORTH e SUMNER, 1987).

O segundo método consistiu na transformação por logaritmo natural (LN), dos quocientes entre teores de nutrientes na população de referência, sendo dessa forma utilizados os quocientes entre nutrientes, na forma direta (A/B), pois, quando se utiliza o LN nas relações duais, tanto a forma direta (A/B) quanto à inversa (B/A) apresentam o mesmo valor numérico, mudando apenas o sinal, + ou -.

28.4 Métodos de cálculo para as funções DRIS

Em cada amostra a ser avaliada, os desvios (funções DRIS) dessas em relação aos valores médios dos mesmos quocientes, na população de referência, 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 Alvarez V. e Leite (1999):

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

28.5 Cálculo dos índices DRIS

O cálculo dos índices DRIS foi realizado seguindo a fórmula geral proposta por Beaufils (1973), em que, para o nutriente A:

$$I_{DRIS\ A} = \frac{\sum f\left(\frac{A}{B}\right) - \sum f\left(\frac{B}{A}\right)}{n}$$

n = número de funções DRIS envolvidas na análise.

O somatório dos valores em módulo dos índices DRIS constituiu o índice de balanço nutricional (*IBN*) da amostra sob diagnose, e a divisão do *IBN* pelo número de índices DRIS (n) gerou o índice de balanço nutricional médio (*IBNm*);

$$IBN = |I\ DRIS\ A| + |I\ DRIS\ B| + |I\ DRIS\ C| + \dots + |I\ DRIS\ N|$$

$$IBNm = \frac{IBN}{n}$$

Onde: n é o número de índice de nutrientes envolvidos na análise.

28.6 Interpretação dos índices DRIS pelo potencial de resposta à adubação

A interpretação dos índices DRIS foi por meio das faixas de Beaufils, em que os índices foram agrupados em cinco classes, conforme as faixas de desvio padrão (s) dos índices DRIS na população de referência (Tabela 1).

Tabela 1. Critério para a interpretação dos índices DRIS, seguindo a metodologia preconiza como faixas de Beaufils.

Estado nutricional	Critério
Deficiente	$< -4/3\ s$
Tendência a deficiência	$-4/3\ a\ -2/3\ s$
Suficiente	$-2/3\ a\ 2/3\ s$
Tendência à excessiva	$2/3\ a\ 4/3\ s$
Excessiva	$> 4/3\ s$

28.7 Estatística

Para os dois métodos verificou-se a hipótese de que a frequência com que cada nutriente ocorreu como deficiente, tenha sido atribuída ao acaso. Para isso, utilizou-se o teste de qui-quadrado (χ^2) de Pearson a 1% de probabilidade, com $n-1$ graus de liberdade (n = número de nutrientes analisados). Se verdadeira a hipótese considerada, as frequências observadas para todos os nutrientes seriam estatisticamente iguais entre si (URANO et al., 2006; SERRA et al., 2010a). As frequências esperadas (FE) e observadas (FO) foram calculadas da seguinte forma:

$$FE(\%) = \left[\left(\frac{n^0 \text{ total de talhões avaliados}}{n^0 \text{ de nutrientes avaliados}} \right) / (n^0 \text{ total de talhões avaliados}) \right] \cdot 100$$

$$FO(\%) = \left(\frac{n^0 \text{ de talhões em que o nutriente foi (deficiente)}}{n^0 \text{ total de nutrientes avaliados}} \right) \cdot 100$$

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \left[\frac{(FOi - FEi)^2}{FEi} \right]$$

A avaliação do estado nutricional dos dois métodos foi comparada pela frequência de diagnoses concordantes (SILVA et al., 2005), obtido por meio das normas definidas pelo valor F e as normas oriundas da transformação por logaritmo natural (LN).

As análises estatísticas foram realizadas com o uso do SAEG 9.1, e os demais cálculos do DRIS foram realizados com o uso da planilha do EXCEL® (2010) (MICROSOFT CORPORATION, 2010).

29 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A relação entre índice DRIS e teor foliar dos nutrientes permitiu dois ajustes de equações, linear e quadrática (Figuras 1, 2, 3 e 4). Silveira et al. (2005a) obteve como modelo, que teve melhor ajuste, o linear e o logarítmico, assim como registrado por Guindani et al. (2009).

Houve uma convergência do método com o uso do logaritmo natural (LN) apresentar coeficientes de determinação maiores que as normas geradas pelo valor F, para a relação entre teores foliares dos nutrientes e índices DRIS (Figuras 1, 2, 3 e 4).

Com relação aos micronutrientes, os mesmos apresentaram coeficiente de determinação (R^2) maior que os macronutrientes, estando acima de 0,90, $p < 0,001$, com exceção ao Zn (Figuras 3 C e 3D), que demonstra haver maior dependência dos índices DRIS pelo teor do próprio elemento do que dos demais nutrientes envolvidos no cálculo do índices DRIS (Figura 3 e 4).

O coeficiente de determinação (R^2) é uma medida importante para avaliar a eficácia do sistema, quando relaciona-se o teor do nutriente individual com seu respectivo índice DRIS. Dessa forma pode se inferir que o método com a utilização do LN apresentou uma ligeira vantagem em relação ao método de determinação das normas pelo valor F.

Uma das possíveis explicações para tal fato seria a correção dos desvios de simetria entre as relações duais que comporá as normas DRIS pela transformação por LN, a qual foi sugerida por Beverly et al. (1987). No entanto, há a necessidade de mais trabalhos para firmar que as normas por LN mantém esse ganho de eficácia no relacionamento entre índices DRIS e teores foliares. Mesmo o ganho de eficácia sendo baixo, o mesmo precisa ser exaltado, pois, segundo Beaufils (1973) qualquer ganho de eficácia que venha a ser observado no sistema DRIS é preciso ser exaltado para que o sistema evolua.

Foi possível registrar que, o relacionamento entre índices DRIS e teores foliares foi significativo ($p < 0,01$) em todos os nutrientes avaliados, sendo que, baixos índices DRIS estiveram associados com os menores valores de teor foliar, aumentando dessa forma a segurança na utilização das normas DRIS, pois os métodos foram capazes de indicar as limitações nutricionais (Figura 1, 2, 3 e 4). Contudo, o N foi o nutriente que apresentou o menor R^2 (Figura 1A e 1B).

Reis Junior et al. (2002) verificaram uma correlação positiva e significativa ($p < 0,01$) entre índice DRIS e teores foliares, firmando a hipótese de que o sistema é eficiente na diagnose nutricional. Porém, observaram que o N e o S foram os nutrientes que apresentaram os menores coeficientes de correlação (0,47 e 0,55, respectivamente). Não apenas Reis Junior et al. (2002), mas também Silveira et al. (2005a); Nachtigall e Dechen (2007b); GUINDANI et al. (2009) registraram o mesmo comportamento para o N.

O menor R^2 verificado, contudo, significativo ($p < 0,01$) para o N (Figura 1A e 1B), possivelmente se deve ao fato de outros fatores estarem influenciando no cálculo dos índices DRIS, sendo tais fatores não mensurados no presente trabalho, apesar disso, pode se inferir que as concentrações de outros nutrientes no cálculo dos índices DRIS podem influenciar no cálculo do índice para o N.

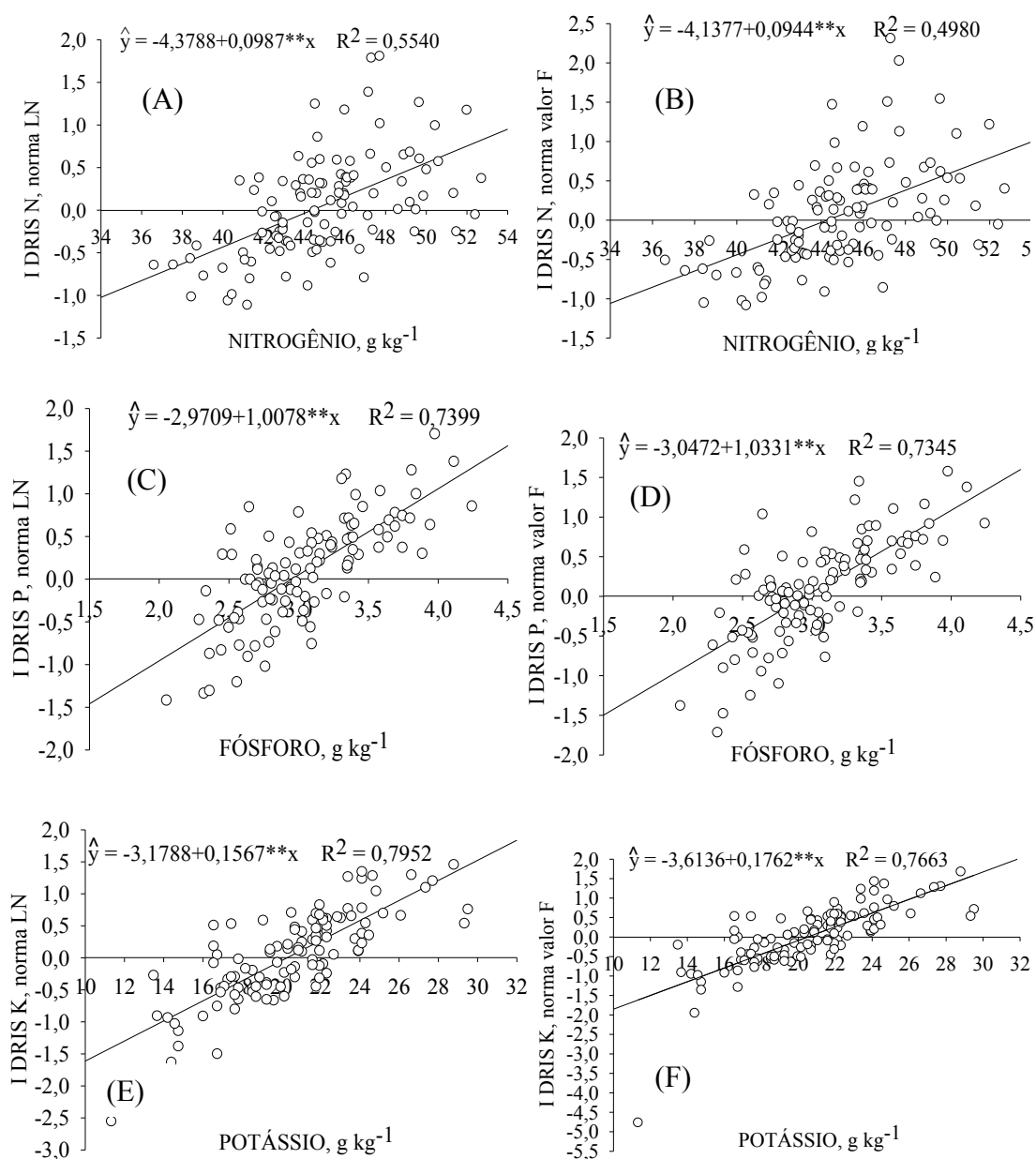


Figura 1. Relação entre os teores de macronutrientes primários (população de referência e não referência) e seus respectivos índices DRIS (I DRIS), gerados com as normas pelo critério da transformação por logaritmo natural (LN) (A, C e E) e as normas definidas pelo valor F (B, D e F).

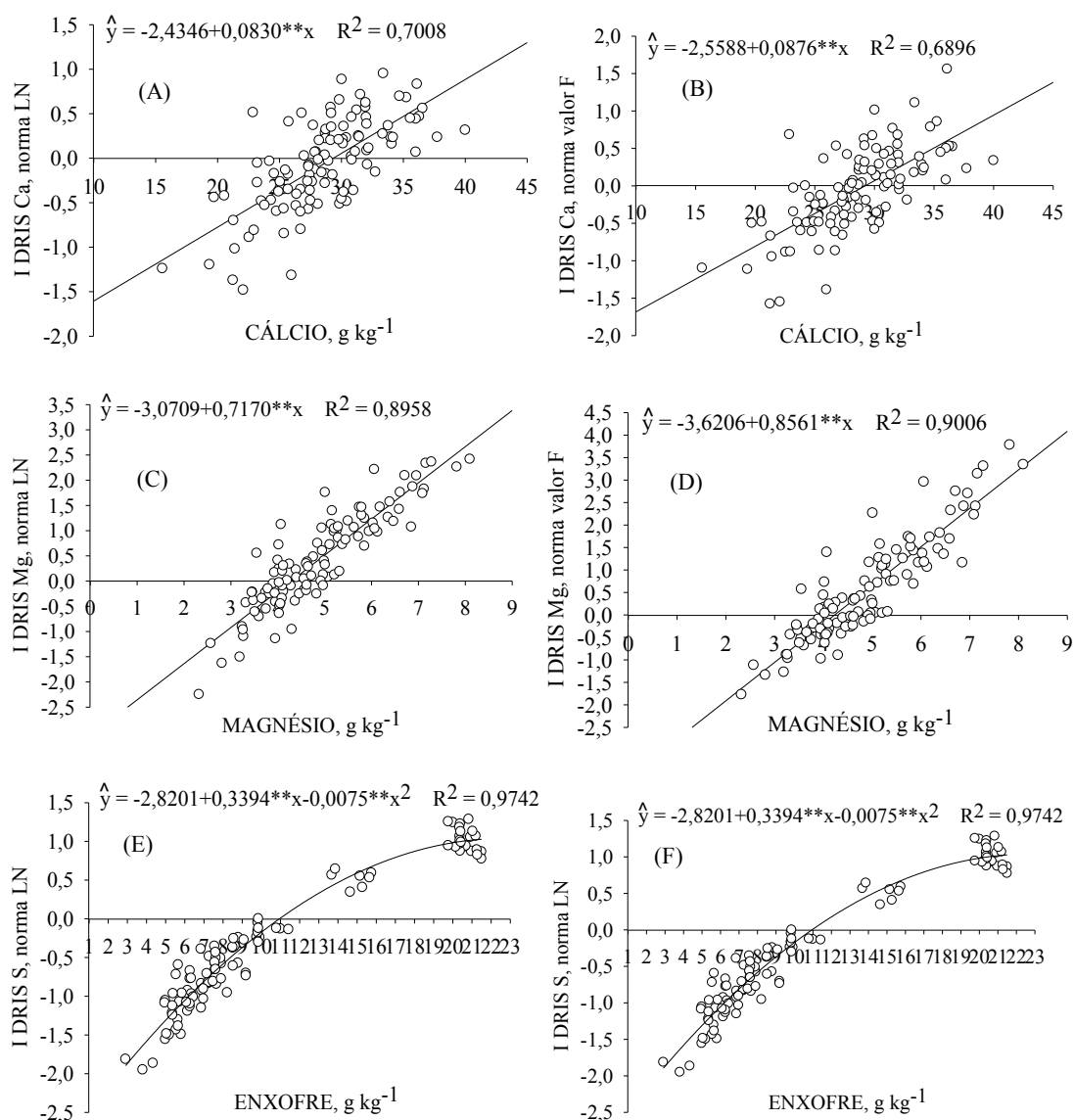


Figura 2. Relação entre os teores de macronutrientes secundários (população de referência e não referência) e seus respectivos índices DRIS (I DRIS), gerados com as normas pelo critério da transformação por logaritmo natural (LN) (A, C e E) e as normas definidas pelo valor F (B, D e F).

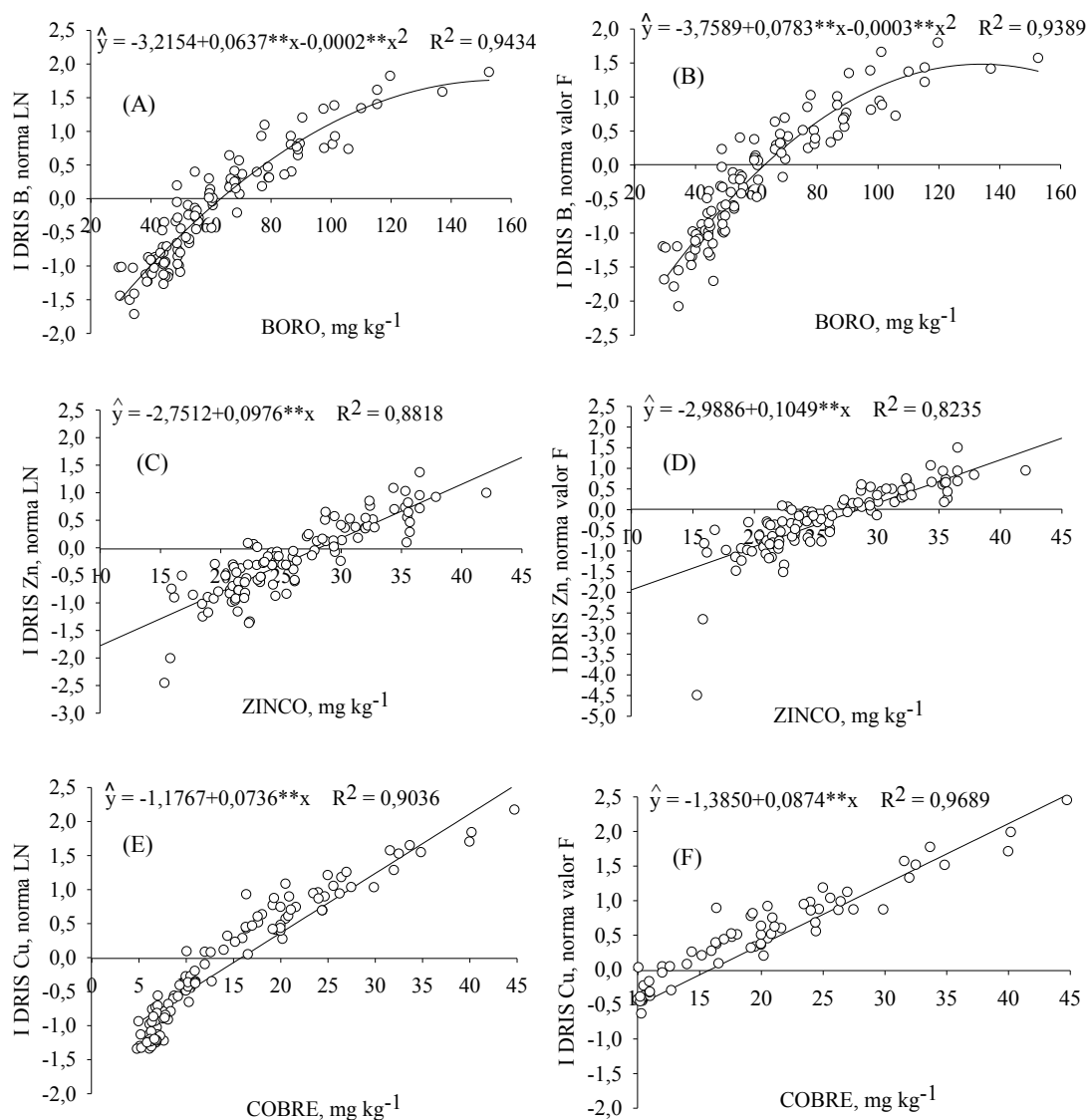


Figura 3. Relação entre os teores dos micronutrientes (população de referência e não referência); boro, zinco e cobre e seus respectivos índices DRIS (I DRIS), gerados com as normas pelo critério da transformação por logaritmo natural (LN) (A, C e E) e as normas definidas pelo valor F (B, D e F).

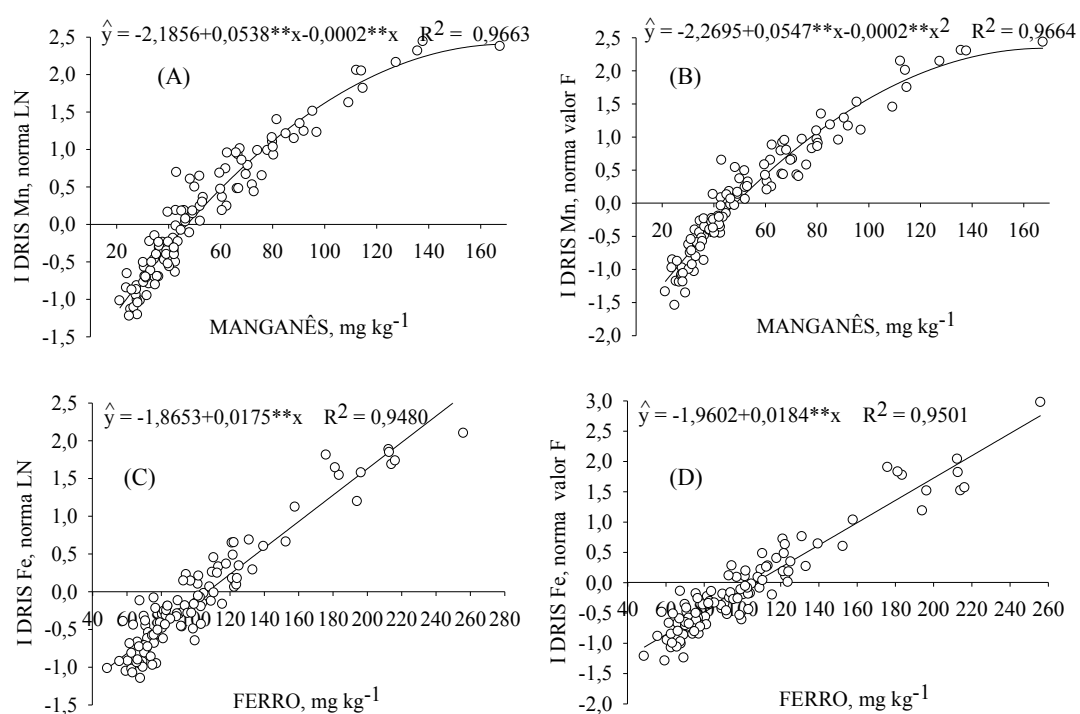


Figura 4. Relação entre os teores dos micronutrientes (população de referência e não referência); manganês (Mn) e ferro (Fe) e seus respectivos índices DRIS (I DRIS), gerados com as normas pelo critério da transformação por logaritmo natural (LN) (A e C) e as normas definidas pelo valor F (B e D).

Levando-se em conta que a planta está equilibrada nutricionalmente quando os valores dos índices DRIS estão próximos de zero (BEVERLY, 1991; WALWORTH e SUMNER, 1987), estabeleceram-se as concentrações dos nutrientes na folha equivalentes a esse ponto de equilíbrio nutricional.

A partir da relação entre índice DRIS e teores de nutrientes nas amostras foliares da população de alta produtividade, foi possível determinar a faixa normal de nutrientes, que é denominada de faixas de Beaufils.

O modelo estatístico que teve o melhor ajuste foi o linear, $p < 0,01$, assim, seguindo as recomendações de Beaufils (1973) utilizando as faixas de Beaufils, em que, a faixa que compreendeu os nutrientes em deficiência foi a que esteve abaixo de $-4/3$ de desvio padrão (s) dos índices DRIS; tendência a deficiência entre $-4/3$ a $-2/3$ s; suficiente entre $-2/3$ a $2/3$ s; tendência a excessivo entre $2/3$ a $4/3$ s; excessiva maior que $4/3$ s dos índices DRIS (Tabela 3).

Pode se constatar que as duas formas de cálculo das normas apresentaram faixa de Beaufils similares, não destoando uma da outra (Tabela 3). O coeficiente de determinação (R^2) esteve acima de 0,8090, $p < 0,001$, para a maioria dos nutrientes exceto para o N, que apresentou o menor R^2 [0,6097 (LN) e 0,5987 (valor F)], porém, o mesmo foi significativo ($p < 0,01$) (Tabela 2). Silveira et al., (2005b) relataram que o índice DRIS para o N foi o que apresentou menor correlação com o seu teor no tecido foliar, em *Brachiaria decumbens*. Bataglia (2004); Silveira et al. (2005b) constataram que os índices DRIS para o N são dependente dos teores de outros elementos, que estão presentes no cálculo dos índices DRIS.

Tabela 2. Modelo estatístico do relacionamento entre teores de macronutrientes (g kg^{-1}) e micronutriente (mg kg^{-1}) e índices DRIS, com as normas definidas pelos dois critérios em estudo (transformação por logaritmo natural (LN) e valor F) na população de referência de dados coletados na região de Rondonópolis-MT.

Nutriente	Norma	Modelo estatístico	R^2
Macronutrientes			
N	LN	$N=45,3387+4,2423I_N$	0,6097**
	Valor F	$N=45,3387+4,0230 I_N$	0,5987**
P	LN	$P=3,0390+0,6693I_P$	0,8592**
	Valor F	$P=3,0390+0,6941I_P$	0,8452**
K	LN	$K=20,8089+4,3555I_K$	0,8640**
	Valor F	$K=20,8089+4,4115I_K$	0,8565**
Ca	LN	$Ca=29,7813+7,4239I_{Ca}$	0,8214**
	Valor F	$Ca=29,7813+7,2304I_{Ca}$	0,8084**
Mg	LN	$Mg=4,4171+1,0542I_{Mg}$	0,8524**
	Valor F	$Mg=4,4171+1,0118I_{Mg}$	0,8474**
S	LN	$S=12,5970+6,4692I_S$	0,9697**
	Valor F	$S=12,5970+6,4565I_S$	0,9162**
Micronutriente			
B	LN	$B=66,4886+24,7756I_B$	0,9292**
	Valor F	$B=66,4886+25,1729I_B$	0,9156**
Zn	LN	$Zn=28,0453+7,8985I_{Zn}$	0,9002**
	Valor F	$Zn=28,0453+7,9399I_{Zn}$	0,8937**
Cu	LN	$Cu=15,9013+9,6290I_{Cu}$	0,9734**
	Valor F	$Cu=15,9013+10,2203I_{Cu}$	0,9779**
Mn	LN	$Mn= 52,1271+ 31,6732I_{Mn}$	0,9421**
	Valor F	$Mn= 52,1271+ 32,5993I_{Mn}$	0,9424**
Fe	LN	$Fe= 108,3468+ 50,3119I_{Fe}$	0,9657**
	Valor F	$Fe= 108,3468 + 52,0092I_{Fe}$	0,9599**

** indica $p < 0,01$.

Tabela 3. Faixas de Beaufils determinadas para a diagnose nutricional do algodoeiro, pelas normas DRIS (transformação por LN e valor F).

Nutriente	Norma	Deficiência	Tendência a deficiência	Suficiente	Tendência à excessiva	Excessiva
g kg ⁻¹						
N	LN	<42,5	42,5 – 43,9	43,9 – 46,7	46,7 – 48,1	>48,1
	Valor F	<42,6	42,6 – 43,9	43,9 – 46,7	46,7 – 48,1	>48,1
P	LN	<2,5	2,5 – 2,8	2,8 – 3,3	3,3 – 3,5	>3,5
	Valor F	<2,5	2,5 – 2,8	2,8 – 3,3	3,3 – 3,5	>3,5
K	LN	<17,2	17,2 – 19,0	19,0 – 22,6	22,6 – 24,4	>24,4
	Valor F	<17,2	17,2 – 19,0	19,0 – 22,6	22,6 – 24,4	>24,4
Ca	LN	<25,2	25,2 – 27,5	27,5 – 32,1	32,1 – 34,4	>34,4
	Valor F	<25,3	25,3 – 27,5	27,5 – 32,0	32,0 – 34,3	>34,3
Mg	LN	<3,6	3,6 – 4,0	4,0 – 4,8	4,8 – 5,3	>5,3
	Valor F	<3,6	3,6 – 4,0	4,0 – 4,8	4,8 – 5,2	>5,2
S	LN	<4,8	4,8 – 8,7	8,7 – 16,5	16,5 – 20,4	>20,4
	Valor F	<5,2	5,2 – 8,9	8,9 – 16,3	16,3 – 20,0	>20,0
mg kg ⁻¹						
B	LN	<40,8	40,8 – 53,6	53,6 – 79,4	79,4 – 92,2	>92,2
	Valor F	<41,2	41,2 – 53,8	53,8 – 79,2	79,2 – 91,8	>91,8
Zn	LN	<21,7	21,7 – 24,9	24,9 – 31,2	31,2 – 34,4	>34,4
	Valor F	<21,8	21,8 – 24,9	24,9 – 31,2	31,2 – 34,3	>34,3
Cu	LN	<3,9	3,9 – 9,8	9,8 – 22,0	22,0 – 27,9	>27,9
	Valor F	<3,7	3,7 – 9,8	9,8 – 22,0	22,0 – 28,1	>28,1
Mn	LN	<14,9	14,9 – 33,4	33,4 – 70,8	70,8 – 89,3	>89,3
	Valor F	<14,9	14,9 – 33,4	33,4 – 70,8	70,8 – 89,4	>89,4
Fe	LN	<52,3	52,3 – 80,2	80,2 – 136,5	136,5 – 164,4	>164,4
	Valor F	<52,6	52,6 – 80,4	80,4 – 136,3	136,3 – 164,1	>164,1

Definida as faixas de Beaufils (Tabela 3), avaliou-se o estado nutricional da cultura, onde pode se observar que as duas normas foram convergentes para a diagnose nutricional.

O cálculo do qui-quadrado (Tabela 4), mostrou-se eficiente ($p < 0,01$) para que os resultados diagnosticados como deficientes fossem registrados como não ocorrendo ao acaso e sim, que o sistema de cálculo do DRIS utilizando os dois critérios de normas foram eficientes em diagnosticar o estado nutricional (Tabela 5), descartando-se a hipótese de que a deficiência diagnosticada pelo DRIS fosse ao acaso. Da mesma forma foi registrado por Urano et al. (2006) na avaliação do estado nutricional da cultura da soja e Serra et al. (2010a,b) ao avaliar o estado nutricional da cultura do algodoeiro, pelo método DRIS e CND (Diagnose da Composição Nutricional).

Tabela 4. Valores de frequências observadas e esperada (%) para N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn, Cu, Mn, e Fe, como nutriente deficiente, pelo método DRIS com as normas transformadas por logarítmico natural (LN) e valor F.

Nutriente	-----DRIS – normas LN-----			-----DRIS – normas valor F-----		
	\dagger FO	$\dagger\dagger$ FE	$(FO-FE)^2/FE$	\dagger FO	$\dagger\dagger$ FE	$(FO-FE)^2/FE$
N	19,44	9,09	11,79	19,44	9,09	11,79
P	7,41	9,09	0,31	7,41	9,09	0,31
K	16,67	9,09	6,32	16,67	9,09	6,31
Ca	19,44	9,09	11,78	19,44	9,09	11,79
Mg	12,04	9,09	0,96	12,04	9,09	0,95
S	2,78	9,09	4,38	7,41	9,09	0,31
B	13,89	9,09	2,53	14,82	9,09	7,33
Zn	25,0	9,09	27,84	25,93	9,09	31,18
Cu	0	9,09	9,09	0	9,09	9,09
Mn	0	9,09	9,09	0	9,09	9,09
Fe	0,93	9,09	2,53	0,93	9,09	7,33
χ^2	86,63**			95,50**		

\dagger FO e $\dagger\dagger$ FE correspondem às frequências observada e esperada, respectivamente. **, $p < 0,01$.

Ao avaliar o estado nutricional dos talhões em análise, pode se observar que o Zn apresentou a maior frequência dos talhões, em que foi diagnosticado como deficiente, seguido do Ca e N (Tabela 5), havendo concordância entre os critérios de escolha das normas. Contudo, o S foi o elemento que apresentou com maior porcentagem de talhões tendendo a deficiência (Tabela 5).

Com a utilização das faixas de Beaufils é possível realizar uma diagnose mais simples, pois, utiliza apenas os teores foliares da amostra para a comparação com as faixas ideais de nutrientes pré determinadas. É aconselhado que se utilize essas tabelas de faixas ideais de nutrientes apenas nas regiões onde as mesmas foram determinadas,

pois, a utilização em regiões adversas pode trazer resultados não favoráveis. O mesmo é válido para as normas DRIS, pois as faixas de Beaufils são oriundas de modelos estatísticos baseados em procedimentos do DRIS, o qual é sugerido que se utilize em regiões específicas, pois, até o momento vem se observando que normas específicas para cada região edafoclimática é mais eficiente que normas gerais, de diferentes regiões, sendo que Silva et al. (2005) ao observarem a ausência de universalidade das normas, sugere a utilização de normas específicas em vez de normas gerais.

Tabela 5. Porcentagem de talhões diagnosticados pela faixa de Beaufils para o algodoeiro na região de Rondonópolis-MT, pelo critério da transformação por logaritmo natural (LN) e valor F.

Nutriente	Norma	Deficiência	Tendência à deficiência	Suficiente	Tendência à excessiva	Excessiva
% de talhões						
N	LN	19,44	15,74	38,89	9,26	16,67
	Valor F	19,44	15,74	39,81	8,33	16,67
P	LN	7,41	19,44	45,37	12,04	15,74
	Valor F	7,41	19,44	45,37	12,04	15,74
K	LN	16,67	14,81	44,44	13,89	10,19
	Valor F	16,67	14,81	44,44	13,89	10,19
Ca	LN	19,44	17,59	46,30	7,41	9,26
	Valor F	19,44	17,59	43,52	10,19	9,26
Mg	LN	12,04	9,26	31,48	18,52	28,70
	Valor F	12,04	9,26	31,48	14,81	32,41
S	LN	2,78	54,63	21,30	11,11	10,19
	Valor F	7,41	50,93	20,37	2,78	18,52
% de talhões						
B	LN	13,89	33,33	32,41	9,26	11,11
	Valor F	14,81	32,41	32,41	9,26	11,11
Zn	LN	25,00	25,93	25,93	10,19	12,96
	Valor F	25,93	25,00	25,93	8,33	14,81
Cu	LN	0,00	36,11	42,59	11,11	10,19
	Valor F	0,00	37,96	40,74	11,11	10,19
Mn	LN	0,00	22,22	55,56	11,11	11,11
	Valor F	0,00	22,22	55,56	11,11	11,11
Fe	LN	0,93	37,04	50,00	2,78	9,26
	Valor F	0,93	37,04	50,00	2,78	9,26

A porcentagem na variação entre a concordância do estado nutricional esteve entre 74,07 a 100%, entre os talhões avaliados (Tabela 6), o que demonstra a similaridades entre os critérios de escolha das relações duais para compor as normas DRIS, sendo que, o menor valor de concordância para o S (74,07%). No entanto, o critério de escolha das normas valor F, constatou maior porcentagem de talhões em que a diagnose foi deficiente (7,41%) e o outro critério (2,78%), para o S.

Com a similaridade na concordância da diagnose nutricional, entre os critérios de escolha das relações duais para compor a norma DRIS, pode-se recomendar ambos para a determinação das normas para a cultura do algodoeiro e criação das faixas de Beaufils.

Tabela 6. Frequência de talhões com diagnoses[†] concordantes do estado nutricional, determinado pelos critérios valor F e transformação por logaritmo natural.

Norma	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu	Mn	Fe	Média
Valor F	99,07	100	100	94,44	92,59	74,07	98,15	94,44	98,15	100	100	95,54
vs. LN												

[†]método de Beaufils (1973).

CONCLUSÕES

1. Mesmo com diferentes critérios para a determinação das normas [valor F e transformação por logaritmo natural (LN)], a avaliação do estado nutricional das plantas foi convergente.
2. A partir das faixas de Beaufils é possível diagnosticar o estado nutricional do algodoeiro, para a região sul do Mato Grosso.
3. Pensando em simplicidade no cálculo dos índices DRIS, é possível sugerir a utilização das normas transformadas por LN, pois, com as mesmas é possível utilizar apenas as relações diretas ou as inversas.

30 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ VENEGAS, V.H.; LEITE, R. de A. Fundamentos estatísticos das fórmulas usadas para cálculo dos índices DRIS. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.20-25, 1999.

BALDOCK, J.O.; SCHULTE, E.E. Plant analysis with standardized scores combines DRIS and sufficiency range approaches for corn. **Agronomy Journal**, v.88, n.3, p.448-456, 1996.

BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A.; SANTOS, W.R.; ABREU, M.F. Diagnose nutricional do cafeeiro pelo dris variando-se a constante de sensibilidade dos nutrientes de acordo com a intensidade e frequência de resposta na produção. **Bragantia**, v.63, n.2, p.253-263, 2004.

BEAUFILS, E.R. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). A general scheme of experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. South Africa: University of Natal, Pietermaritzburg. 1973. 132p. (Soil Science Bulletin, 1).

BEVERLY, R.B. Modified DRIS method for simplified nutrient diagnosis of 'Valencia' oranges. **Journal of plant Nutrition**, v.10, p.1401-1408, 1987.

BEVERLY, R.B. A Practical Guide to the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS); Micro-Macro Publishing, Inc.: Athens, GA, 1991. 385p.

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

EMBRAPA. Centro nacional de pesquisa de solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5.ed. Rio de Janeiro: Editora EMBRAPA, 2006. 169p.

GUINDANI, R.H.P.; ANGHINONI, I.; NACHTIGALL, G.R. DRIS na avaliação do estado nutricional do arroz irrigado por inundação. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.33, p.109-118, 2009.

JONES, C.A. Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analyses. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.12, p.785-794, 1981.

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.

MALAVOLTA E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Princípios, métodos e técnicas de avaliação do estado nutricional. In: MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A., eds. 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.

MARUR, C.J.; RUANO, O. A reference system for determination of developmental stages of upland cotton. **Revista de Oleaginosa e Fibrosa**, v.5, p.313-317, 2001.

MICROSOFT CORPORATION: Excel Software. Microsoft Corp., Redmond, WA. 2010.

NACHTIGALL, G.R.; DECHEN, A.R. DRIS norms for evaluating the nutritional state of apple tree. **Scientia Agricola**, v.64, n.3, p.282-287, 2007b.

REIS JÚNIOR, R.A.; CORRÊA, J.B.; CARVALHO, J.G.C.; GUIMARÃES, P.T.G. Estabelecimento de normas dris para o cafeeiro no sul de minas gerais: 1ª aproximação. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, n.2, p.269-282, 2002.

REIS JUNIOR, R.A.; MONNERAT, P.H. Norms establishment of the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) for nutritional diagnosis of sugarcane. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 2, p. 277-282, 2003.

SERRA, A.P.; MARCHETTI, M.E.; VITORINO, A.C.T.; NOVELINO, J.O.; CAMACHO, M.A. Desenvolvimento de normas DRIS e CND e avaliação do estado nutricional da cultura do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.34, n.1, p.97-104, 2010a.

SERRA, A.P.; MARCHETTI, M.E.; VITORINO, A.C.T.; NOVELINO, J.O.; CAMACHO, M.A. Determinação de faixas normais de nutrientes no algodoeiro pelos métodos CHM, CND e DRIS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.1, p.105-113, 2010b.

SILVA, G.G.C.; NEVES, J.C.L.; ALVAREZ V., V.H. Avaliação da universalidade das normas DRIS, M- DRIS e CND. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2005, v.29, n.5, p.755-761, 2005.

SILVEIRA, C.P.; NACHTIGALL, G.R.; MONTEIRO, F.A. Norms for the diagnosis and recommendation integrated system for signal grass. **Scientia Agricola**, v.62, n.6, p.513-519, 2005a.

SILVEIRA, C.P.; NACHTIGALL, G.R.; MONTEIRO, F.A. Testing and validation of methods for the diagnosis and recommendation integrated system for signal grass. **Scientia Agricola**, v.62, n.6, p.520-527, 2005b.

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. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.9, p.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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.63-72, 2007.

WADT, P.G.S.; NOVAIS, R.F. de; ALVAREZ VENEGAS, V.H.; FONSECA, S.; BARROS, N.F. de; DIAS, L.E. Três métodos de cálculo do DRIS para avaliar o potencial de resposta à adubação de árvores de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.661-666, 1998.

WALWORTH, J.L.; SUMNER, M.E. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). **Advance in Soil Science**, v.6, p.149-188, 1987.

Considerações gerais

O uso do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) precisa ser encorajado. Nos dias atuais o que vem se observando é um grande interesse nessa técnica de diagnose nutricional, contudo, a sua complexidade de cálculo, vista pelos técnicos da área de consultoria, o torna um método pouco utilizado.

A elucidação das combinações de métodos que se mostraram mais eficaz, foi nesse presente trabalho algo que pode servir de incentivo às próximas pesquisas nessa área. Pois, com as inúmeras combinações de métodos para o cálculo das normas e funções DRIS, a meta do DRIS em ser utilizado para técnicos da área agrônômica se torna cada vez mais distante.

Mesmo com trabalhos relatando a indiferença na separação das variedades para compor as normas DRIS, é de interesse para a comunidade científica que se explore esse aspecto, sendo também importante o aspecto relacionado ao espaçamento do algodoeiro, dentre outras variáveis que precisam ser testadas afim de buscar o aperfeiçoamento na utilização do sistema DRIS.



A pedido do autor os Apêndices foram retirados do pdf.