



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA-UFRA
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA**



DOUTORADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

SONIA MARIA BOTELHO ARAÚJO

Teste de normas e funções dris para avaliação do estado nutricional da pimenteira-do-reino (*pipper nigrum*, l), na região nordeste do pará

**BELÉM
2014**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA-UFRA
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA
DOUTORADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**



SONIA MARIA BOTELHO ARAÚJO

**TESTE DE NORMAS E FUNÇÕES DRIS PARA AVALIAÇÃO DO ESTADO
NUTRICIONAL DA PIMENTEIRA-DO-REINO (*Piper nigrum*, L) NA REGIÃO
NORDESTE DO PARÁ**

**Tese apresentada à Universidade Federal Rural
da Amazônia, como parte das exigências do
Curso de Doutorado em Ciências Agrárias:
área de concentração Agroecossistemas da
Amazônia, para obtenção do título de Doutor.**

Orientador: Dr. Ismael de Jesus Matos Viégas

**BELÉM
2014**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

-
- A658t Araújo, Sônia Maria Botelho
 Teste de normas e funções DRIS para avaliação do estado nutricional da pimenteira-do-reino
 (*Pipper nigrum*, l), na região nordeste do pará / Sônia Maria Botelho Araújo. - Belém, 2014.
 105 f. : il.
- Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (PPGMCA), Campus
 Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2014.
 Orientador: Prof. Dr. Ismael de Jesus Mato Viégas.
1. Nutrição de plantas. 2. Diagnose nutricional. 3. Pimenteira-do-reino. I. Viégas, Ismael de
 Jesus Mato, *orient.* II. Título

CDD - 581.13



2014
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA- UFRA
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA
DOUTORADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS



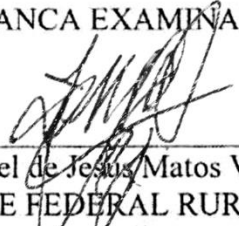
SONIA MARIA BOTELHO

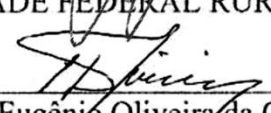
TESTE DE NORMAS E FUNÇÕES DRIS PARA AVALIAÇÃO DO ESTADO
NUTRICIONAL DA PIMENTEIRA-DO-REINO (*Piper nigrum* L) NA REGIÃO
NORDESTE DO PARÁ

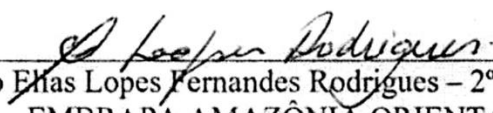
Tese apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do
Curso de Doutorado em Ciências Agrárias: área de concentração Agroecossistemas da
Amazônia, para obtenção do título de Doutor.

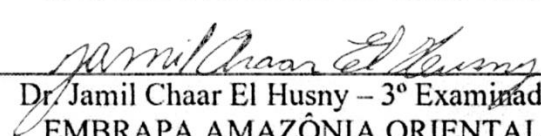
Aprovado em 29 de agosto de 2014.

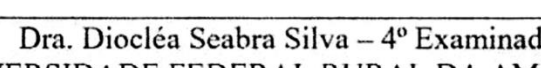
BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Ismael de Jesus Matos Viêgas – Orientador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA


Prof. Dr. Heráclito Eugênio Oliveira da Conceição – 1º Examinador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA


Dr. João Elias Lopes Fernandes Rodrigues – 2º Examinador
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL


Dr. Jamil Chaar El Husny – 3º Examinador
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL


Dra. Diocléa Seabra Silva – 4º Examinador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA



Documento assinado digitalmente
DIOCLEA ALMEIDA SEABRA SILVA
Data: 15/11/2024 17:45:01-0300
Verifique em <https://validar.itu.gov.br>

DEDICATÓRIA

À DEUS, que sempre iluminou minha vida e orientou meus passos nesta caminhada terrena e à Virgem Maria, a quem sempre recorro nos momentos de maior aflição.

Aos meus amados pais Nicanor Botelho e Célia Pierangeli, que sempre me apoiaram em todas as minhas decisões e me deram amor e carinho durante toda a minha vida. Eles partiram deste mundo, porém, por toda a dedicação, carinho e afeto com que me conduziram nesta vida, estarão sempre presentes em meu coração e em minhas orações, pois sei que estão abençoando minha vida, de onde estiverem.

Aos meus queridos irmãos que sempre me deram força para superar os obstáculos e alcançar meus objetivos: minha irmã Maria Teresa Botelho Sales (Teresinha) pela grande amizade e carinho que nos une, pois embora distante, está sempre torcendo por mim. Aos meus irmãos José Marques Botelho (Zinho) e Nicanor Botelho Filho (Nono), pela grande amizade que nos unia e que partiram, deste mundo, deixando uma grande saudade. Tenho certeza de que, de onde estiverem, estão torcendo por mim e se alegrando com minhas vitórias.

Às minhas queridas filhas Juliana Botelho Araújo e Elenara Botelho Araújo, a quem dedico todo meu amor e meu carinho. A jornada de estudar, trabalhar e, ao mesmo tempo, ser mãe, foi difícil, mas valeu o esforço. Agradeço o apoio nas horas em que precisei de ajuda, e por cada momento em que fui apoiada por vocês! Tudo que fiz e faço sempre foi por vocês, que são minha razão de existir e, por isso, lhes dedico este trabalho!

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à Deus pela proteção divina e que, em sua infinita bondade me guiou em mais essa conquista, e me deu forças para cumpri-la com êxito e à Virgem Maria que sempre escutou minhas preces e intercedeu por mim nos momentos de dificuldade!

Aos meus familiares que sempre me apoiaram para superar os obstáculos e alcançar meus objetivos, em especial aos meus pais (*in memoriam*) Nicanor Botelho e Célia Pierangeli, que me proporcionaram o aprendizado e o suporte necessário para vencer cada etapa da vida, e me deram inteligência e paciência para superar cada obstáculo que encontrei no caminho. Às minhas filhas, Juliana e Elenara, meu muito obrigada, pela grande amizade, respeito e compreensão que sempre existiu entre nós. Agradeço por entenderem minhas longas ausências e meus horários alterados, muitas vezes, trabalhando até durante as madrugadas!

Ao meu orientador, Dr. Ismael de Jesus Matos Viégas, que tanto me estimulou e ajudou a alcançar essa conquista. Obrigada pela confiança depositada em mim!

À Universidade Federal Rural da Amazônia-UFRA, pela oportunidade de realizar o curso de Doutorado em Ciências Agrárias!

Aos professores do Curso, pelos conhecimentos e amizade que me proporcionaram, com paciência e dedicação. Tenho a convicção de que seus ensinamentos sempre serão de grande valia para a minha vida profissional, pois sem vocês nada disso seria possível!

À Coordenação e à Secretaria do curso de Doutorado em Ciências Agrárias e a todos os funcionários, por todo o apoio e atenção nas horas necessárias!

Aos membros da Banca Examinadora, Prof. Dr. Heráclito Eugênio Oliveira da Conceição, Dr. João Elias Lopes Fernandes Rodrigues, Dr. Jamil Chaar El Husny e Dra. Diocléa Almeida Seabra Silva, por terem disponibilizado seu tempo e atenção para a avaliação deste trabalho!

Aos meus colegas de curso e amigos, que me acompanharam nesses quatro anos de luta e perseverança, e contribuíram para conclusão deste Curso de Doutorado, em especial, Diocléa Almeida Seabra Silva, Joze Melissa Nunes de Freitas, Noemi Vianna Martins Leão, Patrícia Ribeiro Maia, Sávia Poliana da Silva, Tatiana Gazel, Alexandre Moraes, Raimundo Amaro Ribeiro Conde, Félix Lellis, Milton Cunha Leite, entre outros. Vocês são pessoas muito queridas que tive o prazer de conhecer e conviver, durante essa jornada, e cuja amizade pretendo levar para a vida toda!

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, em especial a Embrapa Amazônia Oriental, meu local de trabalho, pela oportunidade de aperfeiçoamento, que me

proporcionou mais experiência, e me permitiu crescer a cada dia mais, tanto na vida pessoal quanto profissional!

Ao Dr. Cláudio José Reis de Carvalho, ex-chefe geral da Embrapa Amazônia Oriental, pela ‘concordância’ e incentivo para que eu pudesse realizar o curso de Doutorado em Ciências Agrárias!

Agradeço imensamente ao amigo e colega de trabalho, Dr. Raimundo Freire de Oliveira, pela cessão dos dados que foram utilizados para a realização desta Tese de Doutorado!

Enfim, os agradecimentos são infinitos a todos que contribuíram, de algum modo, para a realização deste trabalho oportunizando, assim, mais uma vitória na minha vida profissional! A todos minha gratidão!

Muito obrigada a todos e que Deus e a Virgem Maria nos protejam e abençoem sempre!

O aprendizado é o significado mais límpido da vida, pois jamais se termina uma existência sem que se aprenda algo.

Maria Clara Fraga Lopes

TESTE DE NORMAS E FUNÇÕES DRIS PARA AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DA PIMENTEIRA-DO-REINO (*Piper nigrum*, L), NA REGIÃO NORDESTE DO PARÁ

RESUMO

Após a criação do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) por Beaufils (1973), vários estudos foram desenvolvidos com o objetivo de ajustá-lo às necessidades das culturas, tornando-o mais eficaz. Essa evolução trouxe uma série de alternativas para o cálculo das Normas e Funções DRIS que, entretanto, 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, para obter a melhor combinação de métodos de cálculo do Sistema, que proporcione maior eficácia na Diagnose Nutricional da pimenteira-do-reino. O trabalho foi subdividido em três capítulos para o melhor desenvolvimento e compreensão dos dados. O experimento foi realizado em plantios comerciais de pimenteira-do-reino, na região nordeste do Pará. A base de dados foi composta por 51 amostras de folhas completas (limbo e pecíolo) e por dados de produtividade da pimenteira-do-reino, coletadas em plantas com desenvolvimento normal e bom aspecto fitossanitário, representativas dos plantios comerciais da região. Foram empregados três critérios para definição das normas DRIS (do valor R, do valor F e da utilização de todas as relações duais entre os nutrientes) e duas metodologias de cálculo das Funções DRIS (de Beaufils e de Jones), com a finalidade de avaliar a combinação de métodos com melhor eficácia para a Diagnose Nutricional da pimenteira-do-reino.

Palavras-chave: nutrição mineral, diagnose nutricional, pimenteira-do-reino, DRIS.

DRIS METHODOLOGY TESTING NORMS AND FUNCTIONS FOR AVALIATION OF NUTRITIONAL STATE OF BLACK PEPPER (*Piper nigrum*, L.) IN NORTHEASTERN OF PARA

ABSTRACT

After the creation of the Diagnose and Recommendation Integrated System (DRIS) by Beaufils (1973), several studies were developed with the objective to adjust it to the needs of crops, making it more effective. This evolution has brought a number of alternatives for the calculation of norms and functions DRIS, which need to be tested to determine the best combination of methods. 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 black pepper. The study was conducted in commercial crops of black pepper in northeastern Para region. This research was subdivided into three chapters for better development and understanding of the data. The database was composed of 51 samples of whole leaf (blade and petiole) and productivity data collected in plants with normal development and good phytosanitary aspects, representative of commercial plantations in the Region. Three criteria will be used for calculation of DRIS Norms (the value R, the value F and the use of all relationships between nutrients) and two methods of calculating DRIS functions (of Beaufils and of Jones), with the aim of assessing the combination of methods with better efficacy for Nutritional Diagnosis of black pepper.

Keywords: Mineral nutrition, nutritional diagnosis, black pepper, DRIS.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.** Mapa do estado do Pará, com a localização do município de Tomé-Açu, e das principais localidades e vias de acesso..... 54
- Figura 2.** Distribuição de frequência das concentrações de macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) em folhas de pimenteira-do-reino de 51 plantas de pimentais cultivados na região de Tomé Açu - PA. 62
- Figura 3.** Distribuição de frequência das concentrações de micronutrientes (cobre, ferro, manganês e zinco) em folhas de pimenteira-do-reino, de 51 plantas de pimentais cultivados na região de Tomé Açu - PA..... 63
- Figura 4.** Relação entre produtividade e os IBNs desenvolvidos por Beaufigs (1973) e Jones (1981), com as Normas definidas pelo critério do valor F, pelo critério do valor R e com todas as relações duais. 70
- Figura 5.** Relação entre os IBN desenvolvidos por Beaufigs (1973) e Jones (1981), com as Normas definidas pelo critério do valor F, pelo critério do valor R e com todas as relações duais. 71
- Figura 6.** Mapa do estado do Pará, com a localização do município de Tomé-Açu, e das principais localidades e vias de acesso..... 81
- Figura 7.** 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) normas com todas as relações; (2) normas do critério do valor F; (3) normas do critério do valor R. .93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Comportamento da cultura da pimenteira-do-reino, no Brasil, no período de 2002 a 2012.	23
Tabela 2.	Área plantada e produção da pimenteira-do-reino, nas regiões Norte, Nordeste e Sudeste do Brasil, nos anos de 2011 e 2012.	24
Tabela 3.	Produção (toneladas de pimenta preta) da pimenteira-do-reino, nas principais microrregiões do estado do Pará, no período de 1992 a 2012.....	26
Tabela 4.	Critério para interpretação dos índices DRIS (I DRIS) pelo potencial de resposta à adubação (PRA) (WADT, 1996).	40
Tabela 5.	Estatísticas descritivas – Média (Md), Mediana (Med), Mínimo (Min), Máximo (Max), Desvio padrão (s), Coeficiente de Variação (CV), Variância (s^2), da produtividade da pimenteira-do-reino (g planta^{-1} de pimenta seca), e dos teores foliares de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) em amostras de folhas de 51 plantas de pimenteira-do-reino, coletadas na região nordeste do estado do Pará.....	60
Tabela 6.	Relações duais e normas DRIS (Média, Coeficiente de Variação e Desvio Padrão) e Variância para as relações de nutrientes dois a dois, Coeficiente de Correlação (R) entre a razão da produtividade (g/planta de pimenta preta) e cada par de nutrientes (NICK, 1998) e Razão entre Variâncias das populações de alta e baixa produtividade (LETZSCH, 1985; WALWORTH et al., 1986), considerando a população de referência.....	64
Tabela 7.	Normas DRIS (Média, Coeficiente de Variação e Desvio Padrão) e Variância para as relações de nutrientes dois a dois, considerando todas as relações binárias, entre os nutrientes da população de referência.....	85
Tabela 8.	Crítérios para determinação do Potencial de Resposta à Adubação (PRA).	88
Tabela 9.	Valores das Frequências Observadas e Esperadas 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 à Adubação Positivo (p e pz), com alta probabilidade (p).	90

SUMÁRIO

1. AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE RESPOSTA À ADUBAÇÃO DE PIMENTEIRA-DO-REINO – REVISÃO DE LITERATURA.....	17
RESUMO.....	17
ABSTRACT	17
1.1 Introdução	19
1.2 Revisão de literatura	21
1.2.1 A cultura da pimenteira-do-reino (<i>Piper nigrum</i> , L.)	21
1.2.1.1 Histórico e Evolução da Produção de Pimenta-do-reino no Mundo	21
1.2.1.2 Histórico e produção da pimenteira-do-reino no Brasil.....	23
1.2.1.3 Histórico e Produção da Pimenta-do-reino no Pará.....	26
1.2.2 Nutrição mineral da cultura da pimenteira-do-reino.....	27
1.2.3 Diagnose foliar.....	28
1.2.4 Métodos de interpretação dos resultados da análise foliar	30
1.2.4.1 Nível crítico (NC).....	30
1.2.4.2 Faixa de suficiência (FS)	31
1.2.4.3 Método DRIS.....	32
1.2.5 Sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS)	32
1.2.5.1 Normas DRIS.....	35
1.2.5.2 Índices DRIS.....	36
1.2.5.3 Interpretação dos índices DRIS	37
1.2.5.4 Interpretação do estado nutricional por meio dos índices DRIS	38
1.2.5.5 Interpretação pela ordem dos valores dos índices DRIS	39
1.2.5.6 Interpretação dos índices DRIS, pelo potencial de resposta à adubação	39
1.3 Considerações finais	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

2. AVALIAÇÃO DE CRITÉRIOS E MÉTODOS DE DEFINIÇÃO DE NORMAS E FUNÇÕES DRIS PARA DETERMINAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DA PIMENTEIRA-DO-REINO	50
RESUMO.....	50
ABSTRACT	50
2.1 Introdução	52
2.2 Material e métodos	53
2.2.1 Local de coleta.....	53
2.2.2 Formação da base de dados	55
2.2.3 Critérios para determinação das normas DRIS.....	56
2.2.4 Métodos de cálculo para as funções DRIS	58
2.2.4.1 Método de Beaufile (1973):	58
2.2.4.2 Método de Jones (1981):.....	59
2.2.4.3 Cálculo dos índices DRIS	59
2.2.4.4 Cálculo do índice de balanço nutricional (IBN)	59
2.2.4.5 Estatística.....	59
2.3 Resultados e discussão.....	60
2.3.1 Descrição da população avaliada.....	60
2.3.2 Avaliação dos métodos de cálculo do DRIS.....	64
2.4 Conclusões.....	72
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
3. POTENCIAL DE RESPOSTA À ADUBAÇÃO PARA A INTERPRETAÇÃO DOS INDICES DRIS PARA A PIMENTEIRA-DO-REINO	77
RESUMO.....	77
ABSTRACT	77
3.1 Introdução	79
3.2 Material e métodos	80

3.2.1	Local de coleta	80
3.2.2	Formação da base de dados	82
3.2.3	Critérios para determinação das normas DRIS	83
3.2.4	Métodos de cálculo para as funções DRIS	86
3.2.4.1	Método de Beaufils (1973):	86
3.2.4.2	Método de Jones (1981):	87
3.2.5	Cálculo dos índices DRIS	87
3.2.6	Cálculo do índice de balanço nutricional (IBN)	88
3.2.7	Interpretação dos índices DRIS pelo potencial de resposta à adubação	88
3.2.8	Estatística	89
3.3	Resultados e discussão	89
3.3.1	Critério para o cálculo dos índices DRIS: Jones (1981).	90
3.4	Conclusão	93
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	97
5.	APÊNDICES	98
APÊNDICE 1.	Produção de pimenta preta (kg planta⁻¹), Índices DRIS e Índice de Balanço Nutricional, obtidos pelo método Jones (1981), utilizando o critério de escolha da razão entre nutrientes “valor R” em 51 pimentais da região Nordeste do Pará (População não referência). 98	
APÊNDICE 2.	Produção de pimenta preta (kg planta⁻¹), Índices DRIS e Índice de Balanço Nutricional, obtidos pelo método Jones (1981), utilizando o critério de escolha da razão entre nutrientes “valor F” em 51 pimentais da região Nordeste do Pará (População não referência). 100	
APÊNDICE 3.	Produção de pimenta preta (kg planta⁻¹), Índices DRIS e Índice de Balanço Nutricional, obtidos pelo método Jones (1981), utilizando o critério de escolha da razão entre nutrientes “todas as relações duais diretas e inversas” em 51 pimentais da região Nordeste do Pará (População não referência)..... 102	

APÊNDICE 4. Produção de pimenta preta (kg planta^{-1}), Índices DRIS e Índice de Balanço Nutricional, obtidos pelo método Beaufils (1973), utilizando o critério de escolha da razão entre nutrientes “todas as relações duais diretas e inversas” em 51 pimentais da região Nordeste do Pará (População não referência).....	104
--	------------

1. AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE RESPOSTA À ADUBAÇÃO DE PIMENTEIRA-DO-REINO – REVISÃO DE LITERATURA

RESUMO

Como uma das poucas culturas regularmente adubadas no Estado do Pará, a pimenteira-do-reino (*Piper nigrum*, L.) ganha destaque nos estudos relacionados a fertilização e adubação de solos, visto que as quantidades e as fontes de nutrientes empregadas variam em função da disponibilidade dos fertilizantes, no Estado, e da flutuação de preços no mercado internacional. Neste contexto, várias obras comprovam a associação entre os desequilíbrios nutricionais e o aparecimento de doenças nas plantas, e a diagnose foliar se mostra como a principal alternativa no auxílio diagnóstico das necessidades nutricionais da cultura da pimenteira-do-reino. Dentre as formas de melhorar a eficácia da Diagnose Nutricional, o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) se destaca por possibilitar a determinação da Avaliação do Equilíbrio Nutricional através da correção do problema da correlação com a época de amostragem da planta, relacionando os nutrientes dois a dois. Entretanto, no decorrer de sua existência, diversas formas de cálculo das Normas e Funções foram surgindo, havendo, muitas vezes, controvérsias da melhor combinação de Métodos para aprimorar a eficácia desse Sistema. Portanto, objetivando abordar as formas de cálculo das Normas e Funções DRIS, pelas metodologias desenvolvidas por Beaufils (1973), por Jones (1981) e por Elwali e Gascho (1984), este trabalho fez um levantamento de dados bibliográficos demonstrando a sua importância na diagnose nutricional da cultura da pimenteira-do-reino.

Palavras-chave: Pimenteira-do-reino, DRIS, adubação, diagnose foliar, fertilizante.

ABSTRACT

As one of the few crops regularly fertilized in the State of Pará, the black pepper tree (*Piper nigrum*, L.) stands out in studies related to fertilization and fertilization of soils, since the quantities and sources of nutrients used vary as a function of the availability of fertilizers in the State and the fluctuation of prices in the international market. In this context, several works prove the association between nutritional imbalances and the appearance of diseases in plants, and foliar diagnosis is shown to be the main alternative to help diagnose the nutritional needs of black pepper crops. Among the ways to improve the effectiveness of Nutritional Diagnosis,

the Integrated Diagnosis and Recommendation System (DRIS) stands out for enabling the determination of the Nutritional Balance Assessment by correcting the problem of correlation with the time of plant sampling, relating nutrients two by two. However, throughout its existence, several forms of calculation of the Norms and Functions have emerged, and there are often controversies about the best combination of Methods to improve the effectiveness of this System. Therefore, aiming to address the ways of calculating the DRIS Norms and Functions, by the methodologies developed by Beaufils (1973), Jones (1981) and Elwali and Gascho (1984), this work made a survey of bibliographic data demonstrating its importance in the nutritional diagnosis of black pepper crop.

Keywords: Black pepper, DRIS, fertilization, foliar diagnosis, fertilizer.

1.1 Introdução

A pimenteira-do-reino (*Pipper nigrum*, L.) é uma das poucas culturas que são regularmente adubadas, no Estado do Pará. Entretanto, as quantidades empregadas e as fontes de nutrientes utilizadas são bastante variadas, em função dos fertilizantes disponíveis, no Estado, e da flutuação dos preços de compra e venda da pimenta-do-reino, no mercado internacional. Desse modo há uma tendência dos pipericultores aplicarem grandes quantidades de fertilizantes, quando os preços estão altos, e reduzirem as adubações, quando esses preços baixam e, consequentemente, os lucros diminuem (OLIVEIRA e BOTELHO, 2013).

Essas duas situações conduzem à ocorrência de desequilíbrios nutricionais, que podem resultar em prejuízos relacionados aos aspectos da produtividade e da sanidade da cultura. Yamada (1995), em trabalho de revisão de literatura, cita várias pesquisas que comprovam a associação entre os desequilíbrios nutricionais e o aparecimento de doenças nas plantas. Além disso, os produtores já observaram que adubações nitrogenadas excessivas, favorecem o aparecimento de doenças na pimenteira-do-reino, como constatado por Nambiar et al. (1965).

A recomendação de adubação para a pimenteira-do-reino, por ocasião da implantação da cultura, é efetuada com base na análise do solo, porém, com o desenvolvimento das plantas, começa a haver dificuldades para estabelecer as doses de nutrientes, através desses resultados. Essa dificuldade ocorre devido às aplicações dos fertilizantes químicos e orgânicos serem bastante localizadas, ao redor da planta, aumentando a variação da concentração de nutrientes na área do solo próximo das pimenteiras, o que acarreta grandes variações nos resultados das análises, de amostras do solo, de uma mesma área (NEVES et al., 1981).

A diagnose foliar se mostra, portanto, como a principal alternativa para auxiliar no diagnóstico das necessidades nutricionais da cultura da pimenteira-do-reino. Sim (1974), no Sarawak, encontrou correlação significativa entre os resultados de análise dos teores foliares e a produção da pimenteira-do-reino, para o nitrogênio, o potássio e o magnésio, o que não ocorreu com os resultados das análises de solo. Muitas variáveis interferem na disponibilidade de nitrogênio, no solo, dificultando a obtenção de alta correlação entre seus teores e a produtividade das culturas, o que torna a técnica de diagnose foliar a ferramenta mais adequada, para ser utilizada como critério para determinar as necessidades do nitrogênio, para várias culturas perenes (LANTMANN et al. 1986).

A determinação do estado nutricional, na maioria das plantas cultivadas tem sido, normalmente, realizada através de estudos de calibração dos teores foliares de nutrientes, utilizando critérios como o Nível Crítico e a Faixa de Suficiência do nutriente analisado. Nesses

métodos, a Diagnose dos Nutrientes é efetuada pela comparação individual dos teores obtidos nos padrões de calibração, com os valores nas amostras, sem levar em consideração as relações existentes entre os mesmos, além de não fornecer o balanço dos nutrientes na amostra analisada (BALDOCK e SCHULTE, 1996; MALAVOLTA, 2006). Além disso, as condições ambientais influenciam nos teores foliares, ou seja, os teores padrões, de referência não têm aplicação universal, necessitando serem adaptados para as condições locais, embora alguma extrapolação possa ser feita, em algumas ocasiões (BATAGLIA e DECHEN, 1986).

Embora a Diagnose Foliar seja uma importante ferramenta para estimar o estado nutricional das plantas, pode se tornar bastante complexa tendo em vista que a dinâmica dos processos metabólicos, relacionados ao sistema nutricional da planta, é fortemente influenciada pela idade da planta, e, também, por fatores que afetam a absorção e a distribuição dos nutrientes nos órgãos das plantas. Nesse caso, a Diagnose Foliar pode não refletir a real necessidade em nutrientes, da cultura analisada (WALWORTH e SUMNER, 1987).

Uma forma de escolha da relação entre dois nutrientes é pelo critério do valor R, determinado por Nick (1998), que estabelece uma correlação com a produtividade de plantas de uma população padrão.

Existe, ainda, outro método onde podem ser utilizadas todas as Relações Binárias (entre dois nutrientes) sem discriminar nenhuma relação, sendo tal forma de utilização sugerida por Alvarez Venegas e Leite (1999).

Além desses critérios para definição das Normas, tem sido utilizada também a função do logaritmo natural das relações duais, conforme trabalhos de BEVERLY, (1987); URANO et al., (2006); URANO et al., (2007); SERRA et al., (2010) a,b; DIAS et al., (2010).

Entre os métodos utilizados na diagnose nutricional das plantas, tem se destacado o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), desenvolvido por Beaufils (1973), que tem por base o cálculo de um Índice para cada nutriente, levando-se em consideração sua relação com os demais, comparando, cada relação, com as relações médias de uma População de Referência. O DRIS tem, entre seus objetivos, corrigir o problema da correlação com a época de amostragem da planta, relacionando os nutrientes dois a dois, o que melhora, dessa forma, a eficácia da Diagnose Nutricional da planta, possibilitando a determinação da Avaliação do Equilíbrio Nutricional.

Entretanto, devido à busca pela eficácia do Método DRIS, no decorrer de sua existência, surgiram diversas formas de cálculo das Normas e Funções havendo, em muitos casos, controvérsias da melhor combinação de Métodos para aprimorar a eficácia desse Sistema. Assim, as Funções DRIS podem ser determinadas pela metodologia desenvolvida por Beaufils

(1973), por Jones (1981) ou por Elwali e Gascho (1984). No entanto, já foi constatado que as diferentes formas de cálculo das Funções DRIS e os diferentes critérios para definição das Normas DRIS geram diferentes Índices, que podem levar à diferentes diagnoses, gerando interpretações discordantes (WADT et al., 1998; SILVA et al., 2009) na determinação da diagnose nutricional das plantas cultivadas.

Assim, este trabalho teve como objetivo abordar as formas de cálculo das Normas e Funções DRIS, pelas metodologias desenvolvidas por Beaufigs (1973), por Jones (1981) e por Elwali e Gascho (1984), demonstrando sua importância na diagnose nutricional da cultura da pimenteira-do-reino.

1.2 Revisão de literatura

1.2.1 A cultura da pimenteira-do-reino (*Piper nigrum*, L.)

A pimenta-do-reino (*Piper nigrum*, L.), também conhecida como pimenta da Índia é uma espécie perene, arbustiva e trepadeira, originária de regiões tropicais da Índia, sendo a especiaria mais comumente utilizada em todo o mundo. Seus frutos apresentam elevado valor comercial, na forma de diversos tipos de pimenta (pimenta preta, pimenta branca, pimenta verde e pimenta vermelha), além de serem utilizados nas indústrias de carne e perfumaria, onde o preço pode alcançar até três vezes o valor do produto comercializado na forma de grãos (MAISTRE, 1969).

Do total produzido, 96,7% é de pimenta preta, 3,1% de pimenta branca e 0,2% de pimenta verde. Um outro tipo de pimenta, a vermelha, já está começando a ser comercializado, sendo que o tipo de pimenta produzido, depende do estágio de maturação, por ocasião da colheita, e do processamento do fruto, após a colheita (DUARTE, 2005).

1.2.1.1 Histórico e Evolução da Produção de Pimenta-do-reino no Mundo

O cultivo da pimenteira-do-reino ocorre, basicamente, na Ásia, na América do Sul e Central e na África, sendo que os principais países produtores, por ordem de importância, são Brasil, Indonésia, Malásia, Vietnã e Índia. Em 2007, o Brasil ocupou o terceiro lugar, com 32.857 toneladas (t) de pimenta preta. Em termos de produção o maior destaque foi para o Vietnã, que produziu 21,35%, seguido pelo Brasil, com 18,38% e pela Indonésia, com 17,52%

os quais, somados à produção da Índia (16,31%), representaram 73,56% da produção total mundial (FAO, 2012).

A área total cultivada no mundo, em 2007, foi de 546,5 mil hectares, sendo 45,01% localizados na Índia, seguida respectivamente pela Indonésia, com uma área de 20,68% e pelo Vietnã com 8,76% de área cultivada. Segundo Filgueiras et al. (2012), a cultura da pimenta-do-reino, em nível internacional, está em expansão, porém a produtividade brasileira é maior do que a média mundial, em função da adoção de tecnologias pelos pipericultores, além de possuir área e mão de obra disponíveis para apoiar essa expansão, o que constitui vantagens adicionais superiores aos países concorrentes. Entretanto, a exploração inicial da pimenta-do-reino exige altos investimentos para sua implantação e, além disso, esbarra na grande variabilidade dos preços, por se tratar de uma commodity, ou seja, é um produto de interesse internacional.

Com relação aos preços, nas últimas cinco décadas o mercado internacional de pimenta-do-reino tem apresentado ciclos com certa regularidade, pois em média, a cada 10 anos se observam períodos de picos, com elevação dessa variável (FERREIRA et al., 2008).

Quanto à importação da pimenta-do-reino produzida no Brasil, os maiores importadores são Estados Unidos, Holanda, Argentina, Alemanha, Espanha, México e França, sendo que cerca de 73% da produção brasileira, em 2001, foi exportada para mais de 51 países, nas formas de pimenta preta, pimenta branca e pimenta verde ou em salmoura (DUARTE, 2005). Atulmente, de acordo com IBGE (2014), os principais importadores são os Estados Unidos (13.800 t), a Alemanha (7.000 t), os Países Baixos (5.700 t) e a Argentina (1.000 t), com um total de 37.000 t de grãos exportados sendo que, diversos estudos têm mostrado um incremento na demanda mundial de 3% ao ano, ou seja, um aumento de 7.000 t/ano na quantidade exportada (FILGUEIRAS et al., 2012).

A principal região consumidora é, entretanto, a Ásia, com a Índia e a Tailândia à frente de um consumo de, respectivamente, 55 mil e 23 mil toneladas, o que corresponde a mais de 65% do consumo mundial. Fora dessa região, merece destaque os volumes consumidos por México e Estados Unidos.

Enquanto a Índia, que é o País maior produtor de pimenta-do-reino, consome 50% do total produzido, o Brasil consome apenas 10%, na forma de grãos inteiros, grãos moídos, em mistura com outros condimentos, principalmente cominho, e em patés, molhos, maionese e embutidos (salame, salsicha, mortadela e presunto). Por muitos anos o consumo doméstico não ultrapassou 5%, no entanto, a recuperação da economia brasileira melhorou as condições econômicas da população, o que estimulou o consumo interno (DUARTE, 2005).

1.2.1.2 Histórico e produção da pimenteira-do-reino no Brasil

A pimenteira-do-reino foi introduzida, no Brasil, no século XVII, pelos colonizadores portugueses, no Estado da Bahia, sendo levada, em seguida para os Estados da Paraíba, Maranhão e Pará (INCAPER, 2003). No estado do Pará, seu cultivo se desenvolveu à partir de 1933, com o plantio de 20 mudas da cultivar Kucing, as quais foram cultivadas na fazenda Açaizal, de propriedade do colono Koso Yoshida, no município de Tomé-Açu, sendo que apenas três dessas mudas conseguiram sobreviver. Essa cultivar, que passou a ser chamada de Cingapura, como referência ao porto de embarque dos imigrantes japoneses, que vieram para o Brasil, foi a base genética que, através de sua propagação vegetativa, contribuiu para a expansão comercial da pimenteira-do-reino, no Pará (DUARTE, 2005).

A destruição de grandes plantações no Oriente, por ocasião da segunda guerra mundial, resultou em queda da produção nessa região, fazendo com que seu preço atingisse 5 mil dólares cada tonelada de pimenta preta e 7 mil dólares a tonelada de pimenta branca (OKAGIMA, 1997). Essa alta no preço do produto no mercado internacional, aliada a uma produtividade satisfatória, da cultivar Cingapura, promoveu um incremento da área plantada com pimenteira-do-reino, no Estado do Pará. Com isso, o Brasil, na década de 50, se tornou autossuficiente na produção dessa especiaria, transformando-se num País exportador. Atualmente, no mercado internacional, o Brasil é considerado um dos países maiores produtores de pimenta-do-reino, juntamente com o Vietnã, a Índia e a Indonésia (SERRANO et al, 2006).

A Tabela 1 apresenta a variação do comportamento da cultura da pimenteira-do-reino, com relação ao tamanho das áreas plantadas e colhidas, no País, à produção obtida e à produtividade, no período de 2002 a 2012. No período 2002 a 2007, foi observada uma taxa de crescimento, em torno, de 13,0% ao ano, cujo fator determinante foi a expansão da área de plantio, que aumentou, em cerca, de 11,0% a cada ano. A contribuição do aumento da produtividade foi pequena, pois a taxa observada ficou em torno, de apenas 2,0 % anual, (IBGE, 2014).

Tabela 1. Comportamento da cultura da pimenteira-do-reino, no Brasil, no período de 2002 a 2012, com relação à área plantada e colhida e à produção de pimenta.

SAFRA	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Área Plantada (ha)	24 570	25 969	26 718	31 859	33 224	32 905	29 714	27 433	23 269	21 421	22 684
Área Colhida	22 365	25 628	26 635	31 832	33 224	32 857	29 549	27 415	23 263	20 890	22 173

(ha)											
Produção											
Obtida (t)	58 588	67 197	65 800	79 102	80 316	77 770	69 600	65 398	52 137	44 157	52 255
Produtividade											
(kg ha ⁻¹)	2 508	2 622	2 470	2 485	2 417	2 367	2 355	2 385	2 241	2 114	2 357

Fonte: IBGE (2014)

A partir de 2008 (Tabela 1), o tamanho da área colhida começou a decrescer, passando de 29,55 mil hectares, correspondentes a uma produção de 69,6 mil toneladas e uma produtividade de 2.355 kg ha⁻¹, para 22,17 mil ha, em 2012. Essa instabilidade de cultivo da pimenteira-do-reino no Brasil ocorre, principalmente, em função da variação de preço, no mercado internacional e da ocorrência de doenças, como a fusariose, fatos estes que levam os produtores a optarem pelo plantio de outras culturas (DUARTE, 2005) em suas áreas.

Tabela 2. Área plantada e produção da pimenteira-do-reino, nas regiões Norte, Nordeste e Sudeste do Brasil, nos anos de 2011 e 2012.

UNIDADES DA FEDERAÇÃO	VARIÁVEL	SAFRA 2011	Participação no Total (%)	SAFRA 2012	Participação no Total (%)
PARÁ (Norte)	Área plantada (ha)	16 557	77,3	17 825	78,6
	Área colhida (ha)	16 557	79,3	17 825	80,4
	Produção obtida (t)	33 349	75,5	40 088	76,7
	Produtividade (kg ha ⁻¹)	2 014	--	2 249	--
MARANHÃO (Nordeste)	Área plantada (ha)	33	0,2	33	0,2
	Área colhida (ha)	33	9,5	33	9,1
	Produção obtida (t)	39	10	39	8,4
	Produtividade (kg ha ⁻¹)	1 182	--	1 182	--
PARAÍBA (Nordeste)	Área plantada (ha)	141	0,7	156	0,7
	Área colhida (ha)	141	0,7	156	0,7

	Produção obtida (t)	99	0,2	108	0,2
	Produtividade (kg ha ⁻¹)	702	--	692	--
BAHÍA (Nordeste)	Área plantada (ha)	1 965	0,7	1 965	0,7
	Área colhida (ha)	1 819	0,7	1 819	0,7
	Produção obtida (t)	4 299	0,7	4 260	0,7
	Produtividade (kg ha ⁻¹)	2 363	--	2 342	--
ESPÍRITO SANTO (Sudeste)	Área plantada (ha)	2 725	9,2	2 705	8,7
	Área colhida (ha)	2 340	8,7	2 340	8,2
	Produção obtida (t)	6 371	9,7	7 760	8,2
	Produtividade (kg ha ⁻¹)	2 723	--	3 316	--
TOTAL	Área plantada (ha)	21 421	100,0	22 684	100,0
	Área colhida (ha)	20 890	100,0	22 173	100,0
	Produção obtida (t)	44 157	100,0	52 255	100,0
	Produtividade (kg ha ⁻¹)	2 114	--	2 357	--

Fonte: IBGE (2014)

À partir do ano 2000, houve uma grande expansão no plantio da pimenteira-do-reino no Brasil, expansão esta que se verificou nos Estados do Pará, Espírito Santo, Ceará, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Maranhão e Minas Gerais, em decorrência dos preços que chegaram a R\$ 12,00/kg de pimenta preta (DUARTE, 2006).

Atualmente, a produção nacional de pimenta-do-reino está concentrada, basicamente, em três Estados, sendo que das 69,6 mil toneladas produzidas em 2008, o estado do Pará foi responsável por 80,45% que, adicionado aos percentuais do Espírito Santo (12,17%) e da Bahia

(5,60%), representou 98,22% da produção nacional. Nos anos de 2011 e 2012, a Paraíba passou também a ser um Estado produtor de pimenta-do-reino, conforme apresentado na Tabela 2.

1.2.1.3 Histórico e Produção da Pimenta-do-reino no Pará

A expansão da cultura da pimenteira-do-reino, no estado do Pará, foi devida, principalmente, às condições edafoclimáticas favoráveis para seu desenvolvimento, fazendo com que a sua exploração se tornasse uma das principais atividades econômicas, da produção agrícola, no Estado.

Por ter se tornado uma commodity, a produção dessa piperácea foi ampliada e estimulada no Pará, com o objetivo de atender à demanda mundial pelo produto, devido, principalmente, à elevação do preço pago aos produtores, em um período considerável de tempo. Além disso, pelo fato de o cultivo da pimenteira-do-reino ser feito com o uso intensivo de fertilizantes químicos, seu plantio em áreas degradadas representava um fator de significativa contribuição para a recuperação da fertilidade de solos já esgotados. Assim, com a larga experiência dos produtores japoneses, radicados no Pará, a exploração da cultura da pimenta-do-reino se transformou em uma atividade racionalmente econômica, com grande capacidade de gerar empregos na área rural e renda para a agricultura paraense (SANTANA, 1995; HOMMA, 2008; DUARTE et al., 2002; FILGUEIRAS, 2002).

Desse modo, pode-se considerar que, das 35 toneladas de pimenta-do-reino produzidas no Brasil, no ano agrícola de 2009/2010, 90% do total, foram oriundos do Pará (SAGRI, 2009). De acordo com dados do IDESP, (2012), no ano de 2010 a produção estadual foi de 39.235 toneladas, um valor 24,37% menor do que o que foi produzido em 2009. Essa redução, entretanto, não foi suficiente para tirar o Pará da primeira colocação, no ranking dos Estados produtores.

A mesorregião que mais se destacou, no Estado, em quantidade produzida, em todos os anos (Tabela 3), foi o Nordeste Paraense, com as maiores produções verificadas nos anos de 2005, quando foram colhidas 46 925 t de pimenta-do-reino, e em 2006, quando foram obtidas uma produção de 46 923 t de pimenta preta.

Tabela 3. Produção (toneladas de pimenta preta) da pimenteira-do-reino, nas principais microrregiões do estado do Pará, no período de 1992 a 2012.

Ano	Baixo Amazonas	Marajó	Metropolitana de Belém	Nordeste Paraense	Sudoeste Paraense	Sudeste Paraense
1992	519	42	1 395	17 074	4 966	1 292

1993	1 235	30	2 828	20 916	6 393	3 062
1994	1 329	20	1 054	15 154	6 862	3 419
1995	1 326	2	958	12 711	8 294	4 489
1996	1 374	30	1 035	11 776	7 107	4 654
1997	1 624	40	827	8 197	3 006	3 556
1998	802	40	954	6 956	2 035	7 165
1999	1 686	40	1 288	12 619	2 352	5 410
2000	2 828	40	1 614	17 967	3 227	7 795
2001	2 829	40	2 085	25 807	4 733	8 516
2002	2 771	--	3 496	28 766	6 629	10 026
2003	3 118	45	3 763	31 911	7 629	10 601
2004	3 136	100	3 763	33 743	7 717	7 463
2005	2 096	100	3 313	46 925	7 014	7 038
2006	2 295	100	3 188	46 923	7 344	7 181
2007	2 395	100	3 211	41 419	8 733	8 367
2008	2 679	100	3 308	34 585	7 057	8 266
2009	2 632	100	2 125	32 563	6 294	8 167
2010	2 107	180	2 399	27 952	3 539	3 058
2011	1 705	110	2 700	23 365	2 332	3 137
2012	1 458	153	2 665	23 794	1 546	2 651

Fonte: IBGE (2014).

É importante ressaltar que a exploração da pimenta-do-reino, quando consorciada com outras culturas, traz benefícios para a diversidade de produção para o agricultor e, assim, melhora a exploração agropecuária, no contexto de uso de seus recursos naturais. Como resultado, a cultura da pimenta-do-reino gera divisas de mais de 50 milhões de dólares, por ano e emprega cerca de 70 mil a 80 mil pessoas, no período da safra, no Estado do Pará (FRAZÃO et al., 2005; BRANDÃO, 2012).

Além dessa importância econômica e social (aumento da renda e ocupação de mão-de-obra), o cultivo da pimenta-do-reino aparece como uma das alternativas de melhorar e explorar, de forma racional o uso do solo amazônico.

1.2.2 Nutrição mineral da cultura da pimenteira-do-reino

O cultivo da pimenteira-do-reino, no Estado do Pará, é realizado geralmente, em solos do grupo dos Latossolos, principalmente, no Latossolo Amarelo, de texturas média a argilosa. Segundo FALESI et al., (1964) são solos profundos e com boas propriedades físicas, porém têm baixa fertilidade natural, sendo caracterizados por apresentarem baixa saturação por bases e, frequentemente, possuem alumínio trocável em quantidades elevadas, o que prejudica o crescimento das raízes de muitas espécies cultivadas (FALESI, 1972; VIEIRA, 1975).

De acordo com VELOSO et al., (1995) e OLIVEIRA e BOTELHO, (2005), estes são fatores limitantes para o cultivo da pimenteira-do-reino, pois dificultam a obtenção de plantações com alto índice de produção por área. Essa baixa produtividade torna-se ainda mais

problemática, pelo fato da cultura estar sendo relegada a um segundo plano, devido à ocorrência de doenças, como a fusariose, que tem prejudicado o desenvolvimento dos pimentais e impedido que as plantas possam expressar todo o seu potencial produtivo. Porém, em lavouras bem conduzidas e com adubação adequada, a produtividade média está em torno de 2,0 a 4,0 kg planta⁻¹ de pimenta seca, sendo que, num plantio com espaçamento de 3,0 m x 2,0 m (1.666 plantas/ha), pode ser alcançada uma produtividade de 3.332 a 6.664 kg pimenta seca ha⁻¹ ano⁻¹ (INCAPER, 2003), desde que corretamente manejada.

Portanto, para se obter um aumento da produtividade média da cultura na região, torna-se indispensável o estudo de novas técnicas de cultivo que sejam adequadas para os pimentais, tais como o uso de uma adubação mais adequada, calculada com base em resultados de análises foliares e do solo da área, fatores estes que vão contribuir, para redução de custos e para a geração de uma receita líquida mais lucrativa para os pipericultores.

1.2.3 Diagnose foliar

A diagnose do estado nutricional das plantas consiste na determinação dos teores dos nutrientes, através da análise química do tecido vegetal, cujos resultados segundo BEVERLY et al., (1984) são comparados com Padrões de Referência, pré-estabelecidos em populações com plantas altamente produtivas e com bom desenvolvimento vegetativo, levando em consideração a relação entre variedades e espécies.

É importante ressaltar que as condições ambientais influenciam nos teores foliares, ou seja, os Teores de Referência, padronizados na diagnose foliar, podem não ter uma aplicação universal necessitando, muitas vezes, serem adaptados para as condições locais, embora de acordo com BATAGLIA e DECHEN, (1986), em alguns casos, alguma extrapolação possa ser feita, permitindo o uso de Padrões de Referência já estabelecidos.

A avaliação do estado nutricional das plantas pode ser feita, também, pela diagnose visual, que consiste na observação visual dos sintomas de distúrbios nutricionais. Porém, a diagnose visual pode levar a informações pouco práticas e tardias pois, quando os sintomas de deficiência nutricional se manifestam visualmente na planta, seu metabolismo já sofreu alterações, muitas vezes, irreversíveis, causando prejuízos irreparáveis. Assim, a correção da deficiência não vai trazer benefícios imediatos para as pimenteiras, tanto com relação ao aumento da produtividade, quanto à melhoria na qualidade da pimenta produzida, pois as plantas somente conseguiram mostrar os sintomas visuais, quando a deficiência nutricional já

está em um estágio bastante avançado, conforme ocorre com a maioria das culturas (MARSHNER, 2012; MALAVOLTA, 2006).

Portanto, a diagnose do teor de nutrientes no tecido vegetal, ou análise foliar é considerada um instrumento de grande utilidade na determinação do estado nutricional das culturas e nas recomendações de adubação. Para Malavolta et al., (1997) a análise das plantas consiste na determinação da concentração dos elementos ou das frações solúveis destes elementos, numa amostra de partes da planta, num determinado período de tempo e num estágio exato do desenvolvimento da cultura.

A análise do tecido vegetal é considerada a forma direta de avaliação do estado nutricional da planta, necessitando de uma parte bem definida, na planta estabelecida como padrão para a análise. De acordo com Mourão Filho (2004) e Malavolta (2006), entre as diversas partes da planta, o tecido foliar é o mais utilizado para análise, na maioria das culturas. Segundo Fontes (1996), as folhas são consideradas o foco principal da atividade metabólica da planta, podendo apresentar alterações fisiológicas, em função de distúrbios nutricionais. Consequentemente, a folha é utilizada nas análises para determinação dos níveis de nutrientes, por ser o órgão que melhor reflete o estado nutricional da planta, em determinado período do ciclo da cultura (MALAVOLTA, 2006).

Atualmente, a análise de solo e a análise foliar tornaram-se duas importantes ferramentas para diagnosticar o estado nutricional das plantas, servindo de base para programas de adubação (CRESTE, 1990). Entretanto, devem ser obedecidas três etapas para aplicação da diagnose foliar sendo que, na primeira, deve ocorrer a normatização da amostragem, do preparo das amostras e da análise química do material vegetal; na segunda etapa, os padrões de referência comparativos devem ser observados e na terceira, os resultados obtidos devem ser interpretados (MARTINEZ et al, 1999).

Conforme Partelli et al. (2006) o uso racional de insumos depende da correta interpretação dos resultados de análises foliares, pois estas geram informações imprescindíveis para proporcionar o equilíbrio nutricional das plantas que vai resultar no aumento da produtividade. Assim, desde que os procedimentos para a coleta e análise dos dados sejam efetuados adequadamente, a análise foliar pode ser considerada uma prática de suma importância, (OLIVEIRA e TAKAMATSU, 2004) e de grande utilidade para avaliar o estado nutricional dos pimentais, auxiliando na tomada de decisão para escolha das medidas corretivas mais adequadas para o aumento da produtividade e da longevidade das pimenteiras.

No entanto, devido à dinâmica natural da composição do tecido foliar ser fortemente influenciada pela idade da folha, pelo estágio de maturação e pelas interações entre nutrientes

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

1.2.4 Métodos de interpretação dos resultados da análise foliar

A interpretação dos teores dos nutrientes, na análise foliar, pode ser feita através de diferentes métodos de avaliação do estado nutricional, sendo os mais utilizados o Nível Crítico (NC), a Faixa de Suficiência (FS) e o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), (BEAUFILS, 1973; WALWORTH e SUMMER, 1987; MOURÃO FILHO, 2004; SERRA et al., 2010a,b).

1.2.4.1 Nível crítico (NC)

O Nível Crítico (NC) de um nutriente é definido como a concentração, na folha, abaixo da qual a taxa de crescimento, a produção ou a qualidade dos produtos são significativamente diminuídas (EDWARDS e RYAN, 1992; MALAVOLTA et al., 1997). Pode também corresponder à concentração, numa parte específica da planta e em determinado estágio de crescimento, na qual ocorre uma redução de 5% ou 10% na produtividade máxima da planta analisada, (MARTINEZ et al., 2003).

De acordo com Edwards e Ryan (1992), este método compara a concentração de determinado nutriente, na amostra em teste, com o valor aceito como Norma, obtido de plantas da mesma espécie e de variedade altamente produtivas, ou de ensaios em condições controladas. Se a amostra em teste apresentar concentração igual ou superior à da Norma, considera-se que a planta esteja adequadamente nutrida. Porém, se a concentração for inferior ao valor da Norma, a planta poderá apresentar problemas nutricionais quanto ao elemento em questão.

Embora sejam amplamente utilizados, os Níveis Críticos apresentam algumas limitações, pois, a interpretação correta das concentrações foliares pode ser considerada apenas quando a amostragem está restrita ao mesmo órgão e estágio de crescimento da planta para a qual os valores de referência foram estabelecidos (MARTINEZ et al., 2004). Isto porque, as concentrações dos vários nutrientes na planta, variam em função da idade e do órgão vegetal amostrado (WALWORTH e SUMNER, 1987). Portanto, a menos que a amostra seja retirada na época e na parte da planta corretas, o uso do Nível Crítico pode tornar-se inadequado ou insuficiente para a diagnose do estado nutricional (MARTINEZ et al., 2004).

1.2.4.2 Faixa de suficiência (FS)

Para contornar os problemas gerados com o uso do Nível Crítico, uma possível alternativa de acordo com SUMNER, (1979) seria o uso de Faixas de Suficiência - (FS). Entretanto, para a maioria das culturas não existe um determinado ponto de ótima produção e concentração adequada, mas sim uma determinada faixa, porque o aumento na concentração e na produção, obtido com doses crescentes de nutrientes, é sempre associado a um erro. Por isso, é mais conveniente a recomendação de níveis de adubação que sejam suficientes para manter as concentrações de nutrientes um pouco acima do nível crítico, numa faixa de suficiência - (FS). (MALAVOLTA et al., 1997).

As Faixas de Suficiência são divididas em cinco níveis: (1) Deficiência Aguda: sintomas visuais e efeito imediato da fertilização e aplicação foliar; início do limite de ocorrência de sintomas visuais; (2) Deficiência Latente: sem sintomas visuais porém, com aumento na produção e na qualidade, pela fertilização; início do limite de resposta de produção; (3) Níveis Adequados: estado ótimo de nutrição, com bom crescimento e geralmente, boa qualidade; (4) Níveis Altos: consumo de luxo com bom crescimento, mas com acúmulo interno de nutrientes e possíveis interações; início do nível inicial de toxicidade e (5) Níveis Tóxicos: decréscimo de produção, possivelmente com sintomas visuais de toxidez. Segundo Malavolta et al., (1997), já existem Tabelas contendo faixas de concentração de nutrientes, equivalentes à teores baixos, suficientes e altos, para um grande número de culturas, porém, as calibrações não são universais. Por esse motivo, é conveniente que sempre se trabalhe com os Valores de Referência locais.

No método da Faixa de Suficiência, a concentração, observada na amostra em teste, é comparada com Faixas de Suficiência consideradas adequadas. Esse método é menos afetado por pequenos efeitos locais, de ambiente e da própria planta, quando comparado ao Nível Crítico, uma vez que os limites das Faixas de Suficiência são maiores (EDWARDS e RYAN, 1992). A adoção de Faixas de Suficiência melhora a flexibilidade na diagnose, embora haja perda na exatidão, principalmente quando os limites das Faixas são muito amplos (SUMNER, 1979; MARTINEZ et al., 1999).

Atualmente este é o método mais utilizado para a cultura da pimenteira-do-reino, e consiste na 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.

1.2.4.3 Método DRIS

O Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) foi proposto por Beaufils (1973) e analisa a relação binária entre os nutrientes. Este método está sendo utilizado por vários pesquisadores e em diversas culturas, com excelentes resultados, pois relaciona o conceito de Balanços Nutricionais dos diversos nutrientes analisados, e parece estar menos sujeito às interferências de fatores ambientais locais e às variadas formas de amostragem relacionadas à idade e à origem do tecido da planta.

Normalmente o método DRIS apresenta vantagens em relação aos demais métodos de diagnóstico, pois é de fácil interpretação e apresenta escala contínua. Os nutrientes podem ser classificados, desde o mais excessivo até o mais deficiente. Além disso, este método pode revelar situações de rendimento limitante, provocado pelo desequilíbrio de nutrientes, mesmo quando nenhum dos nutrientes está abaixo do Nível Crítico, e também permite diagnosticar o equilíbrio nutricional total da planta, proporcionado por um índice de desequilíbrio (BALDOCK e SCHULTE, 1996).

Segundo Beaufils (1973), existe uma dinâmica entre a planta e o ambiente, que é consequência da relação e da interação de diversos fatores, os quais podem sofrer variações, conforme as condições do ambiente. Embora esses fatores, muitas vezes, não possam ser quantificados, já foi comprovado que eles têm influência sobre o comportamento da planta e, de acordo com a intensidade final dessas variações de fatores, a planta expressará sua produção. As características internas das plantas, decorrentes de um ambiente adequado, que proporcione condições ótimas para essa planta, também podem ser quantificadas.

Diversos autores defendem a ideia de que os índices DRIS, obtidos em determinada localidade e em condições edafoclimáticas particulares, podem ser universalizados. Entretanto, outros autores afirmam que os índices DRIS devem ser utilizados para determinadas áreas, nas quais foram calculados, podendo servir de referência para aquelas que não os possuem. Esses autores denominam estas Normas como DRIS preliminares ressaltando nas conclusões dos trabalhos, a necessidade de maiores estudos que sejam adequados às condições de cada local.

1.2.5 Sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS)

Originalmente, o método de diagnose "Diagnosis and Recommendation Integrated System" - (DRIS), traduzido para o português como "Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação" foi desenvolvido por Beaufils (1973), como uma ferramenta para a

interpretação de resultados da análise foliar, baseada na comparação de Índices, calculados a partir das relações entre as concentrações dos nutrientes.

Uma das principais hipóteses na aplicação do DRIS é que as relações entre dois nutrientes são melhores indicadoras do estado nutricional das plantas, do que simplesmente o uso das concentrações dos nutrientes, consideradas isoladamente (JONES, 1981). Para WALWORTH e SUMNER, (1987), o uso das relações entre nutrientes, pode minimizar o efeito de concentração e de diluição, ou seja, o DRIS tem a capacidade de tornar a interpretação dos resultados, menos dependente das variações de amostragem relativas à idade e origem do tecido vegetal. Além disso, permite estabelecer a ordem dos fatores que estão limitando a produção, e ressaltar a importância do balanço de nutrientes, numa ordem decrescente.

O DRIS utiliza as relações binárias entre os nutrientes e transforma os valores das concentrações em índices, que variam de negativo a positivo. Quanto menor for o índice, se negativo, mais limitante, por deficiência estará o nutriente, e quanto maior for o índice, se positivo, mais excessivo estará o nutriente. O índice de valor zero para um nutriente indica que esse elemento está nas condições adequadas do balanço nutricional, ou seja, não há deficiência e nem excesso do referido nutriente (WALWORTH e SUMNER, 1987).

O uso das relações entre nutrientes no DRIS possibilita solucionar o problema do efeito de diluição e de concentração dos nutrientes, que ocorre com a maturidade do tecido foliar. Segundo Beaufils (1973) e Walworth e Sumner (1987), os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e enxofre (S), no tecido vegetal, decrescem com a idade da planta, enquanto os teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) aumentam. Ao utilizar o princípio das relações duais, as relações entre os nutrientes apresentam valores constantes, minimizando o efeito de acúmulo de biomassa, que é um dos maiores problemas nos métodos da Faixa de Suficiência e do Nível Crítico.

Já no Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS), devido ao 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). Portanto, 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. Entretanto, devido aos diversos fatores que podem influenciar o teor dos nutrientes na planta, deve haver um senso 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 (JONES, 1981).

De acordo com Baldock e Schulte (1996), o método DRIS apresenta quatro vantagens:

- 1) a escala de interpretação é contínua e fácil de usar;
- 2) ordena os nutrientes do mais deficiente para o mais excessivo;
- 3) permite 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;
- 4) 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 um efeito marcante sobre os índices de outros nutrientes.

O potencial do DRIS, como método de avaliação nutricional, tem sido demonstrado através de diversos autores, para diagnosticar o estado nutricional em trabalhos com diferentes culturas, como por exemplo, abacaxi (SEMA et al., 2010), algodão (SILVA et al., 2009; SERRA et al., 2010a,b), arroz (GUINDANI et al., 2009), bananeira (SILVA e CARVALHO, 2005), batata doce (BAYLE et al., 2009), café (NICK, 1998), cana de açúcar (ELWALI e GASCHO, 1984; MACCRAY et al., 2010), laranja (MOURÃO FILHO et al., 2001), maçã (NATCHIGALL et al., 2007a,b), manga (HUNDAL et al., 2005), milho (URRICARIET et al., 2004), soja (URANO et al., 2006, 2007), pimenteira-do-reino (OLIVEIRA et al., 1997), eucalipto (WADT et al., 1996), dentre outras culturas.

Após a definição das Normas e das Relações para cada par de nutrientes, é possível calcular os Índices DRIS para as concentrações de nutrientes de uma amostra. Assim, o cálculo do Índice DRIS depende, inicialmente, do estabelecimento dos valores-padrão ou Normas, obtidos para todos os nutrientes dois a dois (Relação Dual) em que se utiliza uma população de alta produtividade como População de Referência (BATAGLIA e SANTOS, 1990). Adicionalmente aos índices DRIS, é possível calcular o Índice de Balanço Nutricional (IBN), que resulta do somatório, em módulo, dos valores dos índices DRIS de cada nutriente, indicando o estado nutricional da planta. Quanto menor for o valor da soma, menor será o desequilíbrio entre nutrientes e, portanto, maior poderá ser a produtividade da cultura (WALWORTH e SUMNER, 1987).

As informações requeridas para uso do Método DRIS são os resultados da análise química de nutrientes, no tecido vegetal e a produtividade das lavouras. Normalmente, amostras de folhas maduras e fisiologicamente ativas são utilizadas, por ser o órgão que melhor representa o estado nutricional da planta cultivada. Os dados de monitoramento nutricional são

utilizados para a obtenção dos padrões nutricionais, que consistem de um conjunto de estatísticas básicas (Média, Variância, Número de Observações) obtidas de subpopulações de culturas monitoradas, as quais são comumente classificadas, em função da produtividade, em subpopulações de baixa, média e alta produtividade. Estas estatísticas são denominadas de Normas DRIS e são obtidas para as relações entre os teores dos nutrientes, normalmente, com base em relações bivariadas ou multivariadas.

1.2.5.1 Normas DRIS

Para que se utilize um sistema de diagnose, a primeira providência é a construção de valores de referência, denominadas de Normas DRIS. As Normas DRIS consistem das Médias e dos Desvios Padrão das relações binárias, diretas e/ou inversas, entre os teores de nutrientes combinados dois a dois, como, por exemplo, Nitrogênio, Fósforo e Potássio (N/P, N/K, P/N, K/N) obtidos em uma população de referência, constituída por uma população de plantas que apresentam alta produtividade (BEAUFILS, 1973; JONES, 1981; ALVAREZ VENEGAS e LEITE, 1999; MACCRAY et al., 2010).

Para compor as Normas DRIS deve ser criado um banco de dados, formado pela produtividade e pelos teores de nutrientes, no tecido foliar de plantas constituintes de plantios comerciais de alta produtividade ou de plantas oriundas de unidades experimentais.

Deve-se ressaltar que o tamanho do banco de dados não é um fator que deve estar relacionado diretamente com a qualidade das normas (WALWORTH et al., 1988; SUMNER, 1977). Isto porque Walworth et al. (1988) registraram ganho de eficácia das normas utilizando apenas dez observações, ao invés de um número maior de dados. Segundo Mourão Filho (2004), a qualidade dos dados é o fator que determina a eficácia das normas para a diagnose nutricional pelo DRIS.

Para definição das normas DRIS, as relações entre nutrientes podem ser selecionadas pela forma direta (N/P) ou inversa (P/N), dependendo dos critérios de escolha podendo, até mesmo, serem utilizadas todas as relações binárias (BATAGLIA e SANTOS, 1990; ALVAREZ VENEGAS e LEITE, 1999) ou o logaritmo natural dessas relações (BEVERLY, 1987; URANO et al., 2006, 2007; SERRA et al., 2010a,b).

Porém, para todas essas formas de seleção das relações binárias que comporão as Normas DRIS, é necessária a definição, para a pimenteira-do-reino, da forma de escolha das Normas que apresenta a melhor eficácia. Silva et al. (2009) testou a escolha das relações binárias pelo método do valor "F" (JONES, 1981; LETZSCH, 1985; WALWORTH e

SUMNER, 1987) e do valor "r" (NICK, 1998) para o algodoeiro, porém, não testou as Normas pelo critério da utilização de todas as relações duais, como sugerido por Alvarez Venegas e Leite (1999) e nem as Normas com a transformação por logaritmo natural, como foi utilizado por Serra et al. (2010a,b).

A escolha da forma de expressão da relação entre dois nutrientes (ex.: N/P ou P/N), ao utilizar o DRIS, é objeto de várias discussões. O motivo para se trabalhar com apenas uma forma de expressão, baseia-se na suposição de que ambas as formas (direta e inversa), de uma mesma relação, indicam o balanço nutricional no mesmo sentido, havendo apenas diferenças no grau de estimativa do equilíbrio nutricional (WADT, 1996). Assim, a forma de expressão que tem a maior capacidade de diferenciar amostras de lavouras, nutricionalmente equilibradas, daquelas em que não há um equilíbrio entre os nutrientes no tecido vegetal, é a que deveria ser utilizada.

Diversos autores como Malavolta et al., (1997) e Hatz et al., (1998) recomendam usar, no cálculo do DRIS, aquela relação entre dois nutrientes, que apresente o maior quociente entre as variâncias das populações de baixa e alta produtividade garantindo, assim, um maior potencial para identificar lavouras com desequilíbrio nutricional. Entretanto, Bataglia e Santos, (1990), não encontraram diferenças na ordem de limitação para N, P e K, usando relações diretas e inversas entre estes nutrientes.

1.2.5.2 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 valor positivo ou negativo, que representa a média aritmética das funções em que o nutriente está envolvido. Quando o resultado é negativo (menor que zero), significa deficiência e quando o valor é positivo (maior que zero), indica excesso, assim como preconizado por Beaufils (1973):

$$\text{Índice DRIS A} = \frac{\sum f(A/B) - \sum f(B/A)}{n}$$

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

Quando o valor do resultado obtido é próximo de zero, seja negativo ou positivo, significa que não há deficiência e nem excesso do nutriente, no tecido vegetal, ou seja a

quantidade do nutriente é adequada para suprir a necessidade da planta, para realização de seus processos metabólicos (LEITE, 1993; COSTA, 1995).

Diversas modificações foram propostas com a finalidade de aumentar a precisão na Diagnose Nutricional, para diversas culturas, sendo que 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 método 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 Balanço Nutricional (IBN), numa escala crescente. Quanto maior o IBN maior o desequilíbrio nutricional da planta e, por consequência, menor sua produtividade, sendo a correlação entre o IBN e a produtividade, uma medida da eficácia do sistema DRIS (LEITE, 1993; COSTA, 1995; GUINDANI et al., 2009).

Mourão Filho (2004) afirma que as pesquisas com DRIS no Brasil ainda são incipientes, pois, muitos fatores ainda precisam ser mais bem estudados, tais como, o critério de escolha das populações de referência e a combinação de métodos a serem utilizados havendo, dessa forma, a necessidade de estudos mais aprimorados nesses aspectos. De acordo com Letzsch e Sumner (1984), devem ser utilizadas as informações mínimas para o estabelecimento do DRIS, como os dados de produção e as análises foliares da cultura, e que, após estabelecer as normas DRIS, estas poderiam ser aplicadas universalmente, ressaltando que as mesmas podem ser melhoradas, de modo a se tornarem mais precisas, de acordo com a semelhança das regiões geográficas.

1.2.5.3 Interpretação dos índices DRIS

O Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) desenvolvido por (BEAUFILS, 1973) permite identificar a ordem de limitação nutricional, possibilitando 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 os nutrientes sejam relacionados de forma bivariada (N/P, P/N, N/K, K/N, etc.) formando um padrão a ser utilizado para a diagnose, denominado de Normas DRIS (Média e Desvio Padrão) das relações duais, em uma população de alta produtividade. O uso dessas relações tem a vantagem de minimizar o efeito de diluição e de concentração, que pode ocorrer 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). Entre os diversos critérios 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 VENEGAS e LEITE, 1999).

Wadt et al. (1999) afirmam que qualquer relação dual entre nutrientes pode ser utilizada, para a determinação dos índices DRIS, desde que seja potencialmente útil ao diagnóstico. Citam, 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) e 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 sejam calculadas, primeiramente, as funções DRIS, que são os desvios das relações duais (A/B) das amostras, comparados 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), sendo o cálculo dos Índices DRIS realizado pelo somatório das funções DRIS, envolvidas na análise do nutriente, para o qual se deseja realizar o cálculo.

1.2.5.4 Interpretação do estado nutricional por meio dos índices DRIS

A interpretação dos Índices DRIS consiste na identificação dos nutrientes que estão limitando a produtividade e dos que estão em equilíbrio nutricional ou não são limitantes. Os Índices DRIS podem se apresentar com valores todos nulos ou com valores nulos, positivos e negativos. No entanto, a probabilidade de ocorrer valores todos nulos, é pequena, pois, seria necessário que todas as relações duais apresentassem o mesmo valor médio das Normas. O que se verifica 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 considerando, segundo Walworth e Sumner (1984), que o referido nutriente está em situação de equilíbrio nutricional. Com a determinação dos Índices DRIS é necessário interpretar esses valores positivos e negativos de um nutriente, que seria uma situação em que o mesmo estaria em excesso (+) ou em deficiência (-).

1.2.5.5 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, classificando-os do mais limitante por deficiência, ao mais limitante por excesso.

Esse método de ordenação dos Índices preconiza que o nutriente de Índice DRIS menor e negativo seja considerado o mais limitante; o segundo menor é 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).

1.2.5.6 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), e 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 representa a 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).

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 resultar em maior produtividade da lavoura, ou na melhoria da qualidade do produto agrícola em um grau comercialmente desejado. Por sua vez, o estado de “deficiente” indica 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" sugere 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 4. Critério para interpretação dos índices DRIS (I DRIS) pelo potencial de resposta à adubação (PRA†)

Critério	Tipo de resposta à adubação
I DRIS A < 0; I DRIS A > IBNm e IA é o índice de menor valor	Positiva, com alta probabilidade (p)
I DRIS A < 0; I DRIS A > IBNm	Positiva, com baixa probabilidade (pz)
I DRIS A ≤ IBNm	Nula (z)
I DRIS A > 0; I DRIS A > IBNm	Negativa, com baixa probabilidade (nz)
I DRIS A > 0; I DRIS A > IBNm e IA é o índice de maior valor	Positiva, com alta probabilidade (n)

Fonte: WADT, 1996.

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 o 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 4).

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 de diferentes locais (CANTARELLA, 2007). Dessa forma espera-se que o Sistema de Diagnose permita ajustes na quantidade de cada nutriente a ser aplicada, tendo na interpretação dos Índices DRIS, pelo potencial de resposta à adubação, uma ferramenta útil para tal propósito.

A Diagnose Nutricional passaria a ser uma ferramenta complementar para a recomendação da necessidade nutricional da cultura, não se descartando, porém, o uso da Análise de Solo, pois esta é indispensável para verificar a evolução da fertilidade do solo, e de sua capacidade de fornecer nutrientes para as plantas (WADT, 1996).

O significado prático do potencial de resposta à adubação (Tabela 4) em relação à interpretação dos valores dos Índices DRIS obtidos da Diagnose Foliar de plantas (WADT, 1996) é resumido a seguir:

- 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.

- 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.

- 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.

- 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.

- 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.

1.3 Considerações finais

Esta revisão de literatura trouxe informações relevantes à avaliação do potencial de resposta à adubação de pimenteira-do-reino, demonstrando que o DRIS é uma ferramenta de extrema importância para o estudo da diagnose nutricional da cultura da pimenteira-do-reino.

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, p.448-456, 1996.
- BATAGLIA, O. C.; DECHEN, A. R. **Critérios alternativos para diagnose foliar**. In: SIMPÓSIO AVANÇADO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. Piracicaba, 1986. Anais. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p.115-136.
- 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.
- BAYLE, J. S.; RAMAKRISHNA, A.; KIRCHHOF, G. An evaluation of nutritional constraints on sweet potato (*Ipomea batatas*) production in the central higlands 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 for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. Pietermararitzburg: University of Natal, 1973. 132p. Soil Science Bulletin, n. 1, p. 1-132, 1973.
- BEVERLY, R. B.; STARK, J.C.; OJALA, J.C. Nutrient diagnosis of 'Valencia' oranges for DRIS. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.109, p. 649-654, 1984.
- BEVERLY, R. B. Modified DRIS method for simplified nutrient diagnosis of 'Valencia' oranges. **Journal of Plant Nutrition**, v.10, p.1401-1408, 1987.
- BRANDÃO, I. D. **Embrapa lança projeto com dez tecnologias para a pipericultura**. 2012. Disponível em: ><http://www.cpatu.embrapa.br/noticias/2012/embrapa-lanca-projeto-com-dez-tecnologias-para-a-pipericultura-no-para>> Acessado em 28/07/2014.
- CANTARELLA, H. **Nitrogênio**. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ VENEGAS, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. e NEVES, J.C.L., eds. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.375-470.
- COSTA, A. N. da. **Uso do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) na avaliação do estado nutricional do mamoeiro (*Carica papaya* L.) no Estado do Espírito Santo**. Viçosa: UFV, 1995. 94p. Tese Doutorado.
- CRESTE, J. E. **Uso do DRIS na avaliação do estado nutricional do limoeiro siciliano**. Botucatu: Unesp, 1996. 120 p. Tese de Doutorado.
- EDWARDS, J. H.; RYAN, J. A. **Soil and Plant Analysis: A Comprehensive Account of Soil and Plant Analysis Methods**. Piracicaba-SP: POTAFOS, 1992.

FERREIRA DA SILVA, G. J.; FILGUEIRAS, G. C.; AMORIM DE MENEZES, A. J.; CARVALHO, A. C.; OYAMA HOMMA, A. **A perspectiva do mercado da pimenta-do-reino no Brasil e no mundo**. Belém-PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2002.

DUARTE, M. L. R. **A expansão da pimenteira-do-reino no Brasil: uma análise socioeconômica**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2006.

DIAS, A. M. A.; BATISTA, A. M. V.; CARVALHO, F. F. R. de; GUIM, A.; SILVA, G.; SILVA, A. C. da. **Nutrient intake and digestibility and performance of goats fed rough wheat bran in replacement of corn**. Rev. Bras. de Zootecnia, Viçosa, v. 39, n. 4, p. 831-836, 2010. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/aa/a/mVpnw6hZGy7pzipnXrMx6hgS/>>. Acesso em: 13 fev. 2013.

DUARTE, M. L. R.; ALBUQUERQUE, F. C.; ALBUQUERQUE, P. S. B. **Cap. 58 Doenças da Pimenteira-do-Reino (*Piper nigrum*)**. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M. et al. (Eds.) Manual de Fitopatologia. v. 2. 4ª Ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2005. p.507-516.

DUARTE, M. L. R., ALBUQUERQUE, F. C., COSTA, A.P.D., POLTRONIERI, L.S. **Cultivares de Pimenteira-do-reino Resistentes à Murcha-Amarela**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002, 3p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 78).

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.

ELWALI, M. H.; GASCHO, G. J. **Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS): A Statistical Approach to Nutrient Diagnosis and Recommendation**. Advances in Soil Science, v. 6, p. 1-45, 1987.

EYMAR, E.; CADAHIA, C.; SANCHEZ, A. **Foliar nutrient reference levels obtained in hydroponic cultures as preliminary norms for DRIS to fertigate conifers**. Communications in Soil Science and plants analysis, v.32, p.267-282, 2001.

FALESI, I.C.; SANTOS, W.H.; VIEIRA, L.S. **Os solos da Colônia Agrícola de Tomé Açú**. Belém, 1964. IPEAN. 93p. Boletim técnico, 4.

FALESI, I.C. **O estado atual dos conhecimentos sobre os solos da Amazônia Brasileira**. In: INSTITUTODE PESQUISA E EXPERIMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA DO NORTE (Belém, PA). Zoneamento agrícola da Amazônia (1ª aproximação). Belém, 1972. p.17-67. (IPEAN. Boletim técnico, 54).

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Statistical Database. Rome, 2012.

FILGUEIRAS, G. C.; HOMMA, A. K. O.; SANTOS, M. A. S. dos; MOTA Jr., K. J. A. da; SILVA, S. C. **A exploração da pimenta-do-reino como alternativa de sustentabilidade socioeconômica e ambiental no estado do PARÁ**. VI Encontro Nacional da ANPPAS, 18 a 21 de setembro de 2012. Belém-PA-Brasil.

FILGUEIRAS, G. C. **Crescimento agrícola no Estado do Pará e a ação de políticas públicas: avaliação pelo método shift-share**. Belém: UNAMA, 2002. (Dissertação de Mestrado em Economia). 156 f.

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

FRAZÃO, D. A. C.; HOMMA, A. K. O.; ISHISUKA, Y.; MENEZES, A. J. E. A. de, MATOS, G. B. de; ROCHA, A. C. P. N. da. **Indicadores Tecnológicos, econômicos e sociais em comunidades de pequenos agricultores de Tomé Açu, PA**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 78p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 229).

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.

HATZ, B. P.; SILVA, J. C. M.; OLIVEIRA, R. F. de. **Comparação de dois métodos DRIS para o diagnóstico de deficiências nutricionais do cafeeiro**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 41, n. 2, p. 121-130, fev. 1998.

HOMMA, A, K, O. **Extrativismo, Biodiversidade e Biopirataria na Amazônia**. Brasília, DF, Embrapa Informação Tecnológica, 2008

HUNDAL, H. S.; SINGH, D.; BRAR, J. S. **The Diagnosis and Recommendation Integrated System for Monitoring N, P and K Status of Sugarcane in Punjab**. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, v. 53, n. 2, p. 198-202, 2005. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/316786253_Diagnosis_and_Recommendation_Integrated_System_DRIS-_A_Review>. Acesso em: 06 fev. 2010.

IBGE, 2014. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Banco de Dados. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>> Acesso em: 28 jul. 2014.

IDESP. **Índice de Desenvolvimento da Educação do Estado de São Paulo 2012**. Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, 2012.

INCAPER. **Relatório de Atividades 2003**. Vitória, ES: INCAPER, agosto de 2004.

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.

LANTMANN, A. F.; OLIVEIRA, E. L.; CHAVES, J. C. D.; PAVAN, M. A. **Adubação nitrogenada no estado do Paraná**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO. 16., 1984, Ilhéus. Anais. Ilhéus: CEPLAC/SBCS, 1986. p. 19-46.

LEITE, R. A. **Avaliação do estado nutricional do cafeeiro conilon no Estado do Espírito Santo utilizando diferentes métodos de interpretação de análise foliar**. Viçosa: UFV, 1993. 87p. Tese Doutorado.

LETZSCH, W. S.; SUMNER, M. E. **Effect of population size and yield level in selection of diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) norms.** Communications in Soil Science and Plant Analysis, New York, v. 15, p. 997-1006, 1984.

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.; LUO, Y. **Boundary lines used to determine sugarcane production limits at leaf nutrient concentrations less than optimum.** Communications in soil science and plant analysis, v. 41, n. 5, p. 606-622, 2010.

MAISTRE, J. Las pimientas. In: MAISTRE, J. **Las plantas de especias.** Coleccion Agricultura Tropical. Barcelona: Ed. Blume, 1969. p.123-208.

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.** 3ª ed. London: Elsevier, 2012. 643p.

MARTINEZ, E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. **Diagnose foliar.** In: RIBEIRO, C. A.; GUIMARÃES, G. T. P.; ALVAREZ V, V. H. (Ed.). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 58 aproximações. Viçosa, MG:Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.143-168.

MARTINEZ, H. E. P., et al. **Faixas críticas de concentrações de nutrientes e avaliação do estado nutricional de cafeeiros em quatro regiões de Minas Gerais.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 38, n. 6, p. 703-713, 2003.

MARTINEZ, C. M.; SILVA, J. C. M.; OLIVEIRA, R. F. de. **Faixas críticas de concentrações de nutrientes e avaliação do estado nutricional de cafeeiros em quatro regiões de Minas Gerais.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 38, n. 6, p. 473-482, jun. 2004.

MOURÃO FILHO, F.A.A.; AZEVEDO, J.C.; NICK, J.A. **Funções e ordem da razão dos nutrientes no estabelecimento de normas DRIS em laranja 'Valência'.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 38: 85-93, 2001.

MOURÃO FILHO, F.A.A. **DRIS: concepts and applications on nutritional diagnosis in fruit crops.** Scientia Agricola, v. 61: 550-560, 2004.

NAMBIAR, E. P.; NAIR, T.; MONEY, N. S. Preliminary studies on the incidence of wilt disease of pepper and its relationship with nitrogen and base status of the soil. **Indian Journal of Agricultural Science**, v.35, p.276-281, 1965.

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.

NEVES, J. C.; SILVA, J. C. M.; OLIVEIRA, R. F. de. **Adubação da pimenteira-do-reino (Piper nigrum, L.) em Latossolo Amarelo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 5, n. 1, p. 1-8, 1981.

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

OKAJIMA, H. **Colheita, produção, beneficiamento e mercado externo da pimenta-do-reino**. In: Seminário Internacional sobre Pimenta-do-reino e Cupuaçu. 1., 1997, Belém. Anais... Belém/Pa. Embrapa Amazônia Oriental / JICA, 1997. p. 287-295.

OLIVEIRA, R. F. de; BOTELHO, S. M. **A fertilidade do solo e a nutrição da pimenteira-do-reino**. In: Workshop da pimenta-do-reino do estado do Pará, 1., 2005, Belém, PA. Situação atual e alternativa para a produção sustentável. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005.

OLIVEIRA, R. F. de; BOTELHO, S. M. **A fertilidade do solo e a nutrição da pimenteira-do-reino**. In: Workshop da pimenta-do-reino do estado do Pará, 1., 2005, Belém, PA. Situação atual e alternativa para a produção sustentável. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2013.

OLIVEIRA, R. F. de; TAKAMATSU, P. H. T. **Avaliação nutricional de plantas por análise foliar: uma ferramenta para o manejo adequado dos nutrientes**. In: Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, 2004, Recife, PE. Anais... Recife: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2004.

OLIVEIRA, R. F. de; CRUZ, E. de S.; BASTOS, J. B.; ALBUQUERQUE, F. C. de; MURAOKA, T.; SASAKI, G. K. **Aplicação do DRIS para determinação do estado nutricional de pimenta-do-reino em Tomé-Açu, PA**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1996, Belém. Anais. Belém: EMBRAPA-CPATU/JICA, 1997. p.259-67. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 89).

PARTELLI, F. L.; CARVALHO, V. B. de; VIEIRA, H. D. **Comparação de dois métodos DRIS para o diagnóstico de deficiências nutricionais do cafeeiro**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 41, n. 2, p. 215-223, 2006.

SAGRI. **Relatório de Produção Agrícola 2009/2010**. Secretaria de Estado de Agricultura, Pará, 2009.

SANTANA, A. C. et al. **O comportamento do mercado de pimenta-do-reino no Brasil e no Mundo**. Estudos Setoriais 2. Belém: Banco da Amazônia, 1995.

SEMA. **Instrução Normativa nº 38, de 04/01/2010**. Procedimentos para a gradação de impacto ambiental, nos casos de licenciamento de empreendimentos de significativo impacto ambiental. Pará, SEMA, 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.

SERRANO, L. A. L.; LIMA, I. M.; MARTINS, M. V. V. **A cultura da pimenteira-do-reino do Estado do Espírito Santo**. Vitória, ES: Incaper, 2006. 36p. (Incaper. Documentos, 146).

SILVA, J. T. A.; CARVALHO, J. G. de. **Avaliação nutricional de bananeira 'Prata Anã' (AAB), sob irrigação no semi-árido do norte de Minas Gerais, pelo método DRIS**. Ciênc. Agrotec., Lavras, v. 29, n. 4, p. 818-825, ago. 2005. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cagro/a/WyLQ78vhMnpjghMs3Fh8Xx3p/?lang=pt>>. Acesso em: 13 fev. 2013.

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.

SIM, E. S. A nutrient survey of black pepper small holdings in Sarawak. **Malaian Agricultural Journal**, v. 49, p. 365-380, 1974.

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 Horticulture**, v.57, p.196-204, 2000.

SUMNER, M. E. 1977a. Use of the DRIS system in foliar diagnosis of crops at high yield levels. **Communications Soil Science**. Plant Anal. 8:251-268, 1977.

SUMNER, M.E. 1979. **Interpretation of foliar analysis for diagnostic purposes**. Agronomy. 1. 71 :343-348, 1979.

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**. Communication in Soil Science and Plant Analysis, v.35, p.413-425, 2004.

VELOSO, C. A. C.; MURAOKA, T.; MALAVOLTA, E.; CARVALHO, J. G. **Efeitos do alumínio em pimenteiras do reino (*piper nigrum*, l.) cultivadas em solução nutritiva.** Scientia Agricola, v. 52, n. 2, p. 368-375, mai./ago. 1995.

VIEIRA, L.S. **Manual da Ciência do Solo.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1975. 464p.

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.; ALVAREZ, V. H.; NOVAIS, R. F.; FONSECA, S.; BARROS, N. F. O método da chance matemática na interpretação de dados de levantamento nutricional de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 4, p. 423-432, 1998.

WADT, P. G. S.; ALVAREZ, V. H.; NOVAIS, R. F.; FONSECA, S.; BARROS, N. F. **Modelagem de funções no cálculo dos índices DRIS.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 42, n. 1, p. 1-8, jan./mar. 1999.

WADT, P. G. S. **O método da chance matemática na interpretação de dados de levantamento nutricional.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 20, n. 1, p. 1-8, 1996.

WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E. **The Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS).** Advances in Soil Sciences, v.6, p.149-188, 1987.

WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E. **The Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS).** Advances in Soil Science, v. 6, p. 149-188, 1984.

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

YAMADA, T. **A nutrição mineral e a resistência das plantas às doenças.** Piracicaba: Potafós, 1995. 12p. (Informações Agronômicas, 72).

2. AVALIAÇÃO DE CRITÉRIOS E MÉTODOS DE DEFINIÇÃO DE NORMAS E FUNÇÕES DRIS PARA DETERMINAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DA PIMENTEIRA-DO-REINO

RESUMO

O diagnóstico nutricional de plantas, tradicionalmente baseado na comparação dos teores foliares de nutrientes com padrões calibrados, foi aprimorado pelo Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS), que utiliza relações entre nutrientes para avaliar o equilíbrio nutricional. Para melhorar a eficácia desse diagnóstico, o sistema DRIS (Desenvolvido por Beaufils em 1973) utiliza relações duais entre nutrientes para determinar normas que avaliam o equilíbrio nutricional, sendo ajustadas de acordo com critérios como variância (valor F) ou correlação (valor R). Este estudo, focado na pimenteira-do-reino na região de Tomé-Açu (PA), comparou os métodos de Beaufils (1973) e Jones (1981), analisando critérios de escolha de relações duais (valores F, R e todas as relações). O método de Jones foi mais consistente e sensível ao identificar desequilíbrios nutricionais, especialmente com o uso do critério valor F, enquanto o método de Beaufils apresentou tendência à superestimação. A alta correlação entre os índices DRIS dos dois métodos sugere que ambos podem ser aplicados, sendo o método de Jones o mais eficaz para diagnósticos precisos nessa cultura.

Palavras-chave: Diagnóstico nutricional, relações duais, pimenteira-do-reino, índices DRIS, equilíbrio nutricional.

ABSTRACT

The nutritional diagnosis of plants, traditionally based on the comparison of leaf nutrient levels with calibrated standards, has been improved by the DRIS system, which uses relationships between nutrients to evaluate nutritional balance. To enhance the effectiveness of this diagnosis, the DRIS system (developed by Beaufils in 1973) employs dual nutrient relationships to establish standards that assess nutritional balance, adjusted according to criteria such as variance (F value) or correlation (R value). This study, focused on black pepper cultivation in the Tomé-Açu region (PA), compared the methods of Beaufils (1973) and Jones (1981), analyzing criteria for choosing dual nutrient relationships (F values, R values, and all relationships). The Jones method was more consistent and sensitive in identifying nutritional

imbalances, especially when using the F value criterion, while the Beaufils method showed a tendency to overestimate. The high correlation between the DRIS indices of both methods suggests that they can be applied, with the Jones method being more effective for precise diagnoses in this crop.

Keywords: Nutritional diagnosis, dual relationships, black pepper cultivation, DRIS indices, nutritional balance.

2.1 Introdução

A diagnose do estado nutricional das plantas, tradicionalmente, é realizada através da calibração dos teores foliares de nutrientes, denominados de nível crítico e faixa de suficiência, fazendo-se a comparação individual dos teores, obtidos nos padrões de calibração, com os valores nas amostras. Nesse processo não é estabelecida nenhuma relação entre os teores de nutrientes, e nem é calculado o balanço nutricional entre os mesmos na amostra (BALDOCK e SCHULTE, 1996).

Embora a diagnose foliar seja uma importante ferramenta para avaliar o estado nutricional das plantas, quando os processos de avaliação são adequados para tal propósito, sua interpretação pode se tornar complexa, em função da dinâmica natural do conteúdo dos nutrientes na planta ser fortemente influenciada pela idade da planta, e por fatores que afetam a absorção e distribuição dos nutrientes para os processos metabólicos da planta (WALWORTH e SUMNER, 1987).

Um dos objetivos do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) desenvolvido por Beaufils (1973), foi 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, assim, a determinação da avaliação do equilíbrio nutricional.

Para que se possa utilizar o DRIS como sistema de diagnose, o primeiro passo é a determinação das normas. Como as normas 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 (A/B) e/ou a relação inversa (B/A) 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 (A/B) ou inversa (B/A) 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), de 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 como na inversa, sendo selecionada a forma da razão que resulta no mais alto valor absoluto do coeficiente de correlação de Pearson (r).

Existe, 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, procede-se ao cálculo dos índices DRIS, provenientes da média dos desvios em que um determinado nutriente está envolvido, os quais podem 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, já foi constatado 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 controvérsias sobre qual deve ser a melhor combinação de métodos para aprimorar a eficácia do sistema.

Esse trabalho teve como objetivo estudar as formas de cálculo das normas e das funções DRIS, com a finalidade de obter a melhor combinação de métodos de cálculo do sistema, que resulte na maior eficácia na diagnose nutricional na cultura da pimenteira-do-reino.

2.2 Material e métodos

2.2.1 Local de coleta

Este trabalho foi realizado com dados oriundos de plantios comerciais de pimenteira-do-reino, conduzidas em sistema de plantio convencional, localizados na região Nordeste do Estado do Pará, e referem-se à parte do mesmo conjunto de dados utilizados no trabalho de Oliveira et al. (1997), realizado na região próxima do município de Tomé-Açu.

O município de Tomé Açu localiza-se na Mesorregião Nordeste Paraense, ocupando uma área de 5 179,2 km², à margem esquerda do Rio Acará, nas coordenadas geográficas 2°40'54'' de latitude Sul e 48°16'11'' de longitude Oeste de Greenwich. Limita-se ao norte com

os municípios de Acará e Concórdia do Pará, a Leste com os municípios de São Domingos do Capim, Aurora do Pará e Ipixuna do Pará, ao sul com o município de Ipixuna do Pará e, a oeste com os municípios de Tailândia e Acará (Figura 1).

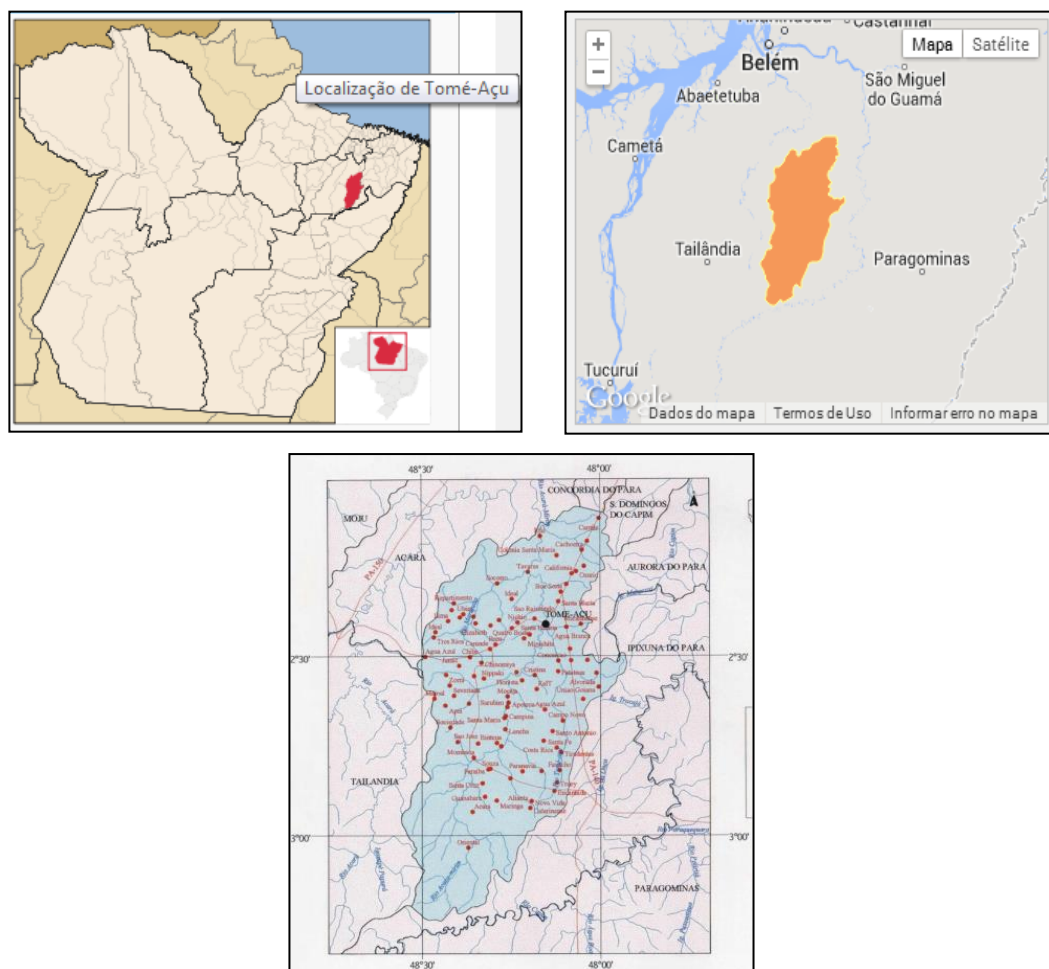


Figura 1. Mapa do estado do Pará, com a localização do município de Tomé-Açu, e das principais localidades e vias de acesso.

O acesso à Tomé-Açu, antes da abertura da Rodovia PA 140, em 1973, no governo Fernando Guilhon, com 17 km de extensão, era exclusivamente fluvial, pelo Rio Acará e seu afluente Acará-Mirim. A partir daí, a PA 140 passou a ser o principal acesso ao Município, conectando-o com os municípios de Santa Isabel do Pará, Bujaru, Acará e Concórdia do Pará, com uma travessia de balsa em Bujaru, no Rio Guamá. Há, ainda, duas vias de acesso pela Rodovia Belém-Brasília, uma em Mãe do Rio, alcançando Concórdia do Pará, e outra em Paragominas, ambas com travessia de balsa no Rio Capim. Existem, também, duas entradas pela Rodovia PA 150, uma entre as cidades de Moju e Tailândia, com travessia de balsa no Rio Acará-Mirim, e outra nas proximidades de Moju, onde a travessia de balsa no Rio Acará ocorre

na cidade de Acará. Atualmente, a construção de quatro pontes do complexo da Alça Viária, em 2002, permitiu o acesso a Tomé-Açu e Acará por diversas estradas secundárias, com grande fluxo de veículos (FRAZÃO et al., 2005).

O relevo, predominante na região do município de Tomé-Açu, é plano a levemente ondulado, com amplitude altimétrica entre 14 e 96 metros em relação ao nível do mar.

Os solos são representados por Latossolos Amarelo distróficos, com suas classes texturais variando de média a argilosa.

O clima da região é do tipo Ami (classificação de Köppen), com temperatura média máxima de 34,4°C e temperatura média mínima de 21,1°C. A precipitação anual é, em torno de, 2500 mm, com distribuição irregular durante os meses, definindo duas estações, uma mais chuvosa, entre os meses de novembro a junho e outra menos chuvosa, do mês de julho a outubro, quando ocorrem totais pluviométricos mensais inferiores a 100 mm, o que causa significativa deficiência hídrica, altamente prejudicial aos cultivos da região (FILGUEIRAS et. al, 2012).

As plantas que compuseram a base de dados foram da variedade Cingapura.

2.2.2 Formação da base de dados

Para compor a base de dados foram selecionadas 51 quadras em pimentais adultos estabelecidos com a cultivar Cingapura, sendo que cada quadra constou de 20 plantas, representativas do pimental, quanto ao aspecto vegetativo, com copas plenamente formadas até o topo do tutor.

Nessas quadras efetuou-se a amostragem foliar, realizada nos meses de março e abril, no período de enchimento rápido dos grãos. A coleta da amostra foi efetuada no terço mediano das pimenteiras, em quatro pontos ao redor da copa. De cada planta foram retiradas quatro folhas fisiologicamente maduras e completas (limbo + pecíolo), de ramos produtivos e expostos ao sol, segundo metodologia preconizada por Waard (1969).

As amostras de folhas foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, até peso constante, e passadas em moinho de aço inoxidável, com peneira de 20 mesh.

Foram feitas análises químicas no tecido foliar, para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn e Mn, que eram as determinações que estavam sendo realizadas pelo Laboratório de Análises de Solos e Plantas, da Embrapa Amazônia Oriental.

A digestão do tecido foliar, para determinação de nitrogênio, foi feita por oxidação sulfúrica, enquanto para os demais nutrientes foi utilizada a mistura nitroperclórica (SARRUGE e HAAG, 1974).

O nitrogênio foi determinado pelo método de Kjeldahl, o fósforo por colorimetria de molibdato-vanadato, o potássio por fotometria de chama, o enxofre por turbidimetria do sulfato de bário, o cálcio, o magnésio, o cobre, o manganês, o ferro e o zinco, por espectrofotometria de absorção atômica, 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 de micronutrientes (mg kg^{-1}) nas folhas e a produtividade de pimenta seca (kg planta^{-1}).

Como na região selecionada a produtividade de $3,5 \text{ kg planta}^{-1}$ de pimenta preta é considerada alta, a base de dados foi dividida em duas subpopulações, uma com produtividade acima de $3,5 \text{ kg planta}^{-1}$, sendo essa a população de referência, e outra com produtividade abaixo de $3,5 \text{ kg planta}^{-1}$ (população não referência).

Para as amostras da população de alta produtividade foram calculadas as relações direta e inversa entre os nutrientes, combinados dois a dois, sendo calculada para cada relação, a média ($\bar{X}$), o desvio-padrão (S) e o coeficiente de variação (CV).

2.2.3 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 pelo “valor F” (LETZSCH 1985; WALWORTH e SUMNER, 1987), “valor R” (NICK, 1998), e pelo uso de todas as relações duais, tanto na forma direta (A/B) quanto na forma inversa (B/A).

O primeiro critério, descrito por Letzsch (1985) e Walworth et al. (1986), denominado de “valor F”, consiste no cálculo da razão de variâncias das relações entre nutrientes do grupo de referência (r) e o de baixa produtividade (b), tanto na ordem direta como inversa. É selecionada a ordem da relação que apresentar maior razão de variância entre o grupo de alta e o de baixa produtividade:

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;

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

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

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

O segundo critério, proposto por Nick (1998), denominado de “valor R”, consiste no cálculo dos coeficientes de correlação (r) entre os valores de produtividade e a relação entre os pares de nutrientes, tanto na ordem direta como inversa. É selecionada a ordem da relação que apresentar maior valor absoluto do coeficiente de correlação (r):

Se: $|r_{A/B}| > |r_{B/A}|$ então: relação na norma = A/B

Se: $|r_{A/B}| < |r_{B/A}|$ então: relação na norma = B/A

em que:

$|r_{A/B}|$ = Valor absoluto do coeficiente de correlação entre a produtividade e a razão entre as concentrações dos nutrientes A e B da população;

$|r_{B/A}|$ = Valor absoluto do coeficiente de correlação entre a produtividade e a razão entre as concentrações dos nutrientes B e A da população;

O terceiro critério consiste na utilização de todas as relações binárias, sem discriminar nenhuma relação, por qualquer forma, utilizando essas relações na forma direta e inversa.

2.2.4 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) e de Jones (1981).

2.2.4.1 Método de Beaufils (1973):

As funções das relações binárias $[f(A/B)]$ são calculadas com base no coeficiente de variação amostral, conforme ilustrado a seguir:

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 $A/B > a/b$;

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

Sendo:

$f(A/B)$ = função da relação entre os nutrientes A e B da amostra a ser diagnosticada;

A/B = valor da relação entre os nutrientes A e B, para amostra a ser diagnosticada;

a/b = valor da média obtida para as relações A/B , oriundas da população de plantas de alta produtividade (norma de referência);

CV = coeficiente de variação amostral dos valores da relação A/B na população de referência

2.2.4.2 Método de Jones (1981):

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

$f(A/B)$ = função da relação entre os nutrientes A e B da amostra a ser diagnosticada;

A/B = valor da relação entre os nutrientes A e B, para amostra a ser diagnosticada;

a/b = valor da média obtida para as relações A/B , oriundas da população de plantas de alta produtividade (norma de referência);

C = constante de sensibilidade (10);

S = desvio-padrão dos valores da relação A/B na população de referência

2.2.4.3 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 binária definida pelo critério de escolha da norma.

2.2.4.4 Cálculo do índice de balanço nutricional (IBN)

O índice de balanço nutricional (IBN) foi calculado pela soma do valor, em módulo, (valor absoluto) dos índices gerados na amostra. É um indicativo do estado nutricional da planta.

2.2.4.5 Estatística

As análises estatísticas foram realizadas com o uso do Programa BIO ESTAT 5.0 e os demais cálculos do DRIS foram realizados com o uso da planilha do EXCEL® (2010) (MICROSOFT CORPORATION, 2010).

2.3 Resultados e discussão

2.3.1 Descrição da população avaliada

Os resultados do cálculo das estatísticas descritivas da população de plantas componentes do banco de dados utilizado para o estudo do DRIS na pimenteira-do-reino estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Estatísticas descritivas – Média (Md), Mediana (Med), Mínimo (Min), Máximo (Max), Desvio padrão (s), Coeficiente de variação (CV), Variância (s^2), da produtividade da pimenteira-do-reino (g planta⁻¹ de pimenta seca), e dos teores foliares de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) em amostras de folhas de 51 plantas de pimenteira-do-reino, coletadas na região nordeste do estado do Pará.

Variável	Md	Med	Min	Max	S	CV	S ²
Produção (kg pl ⁻¹)	2,37	2,01	0,70	4,73	0,9764	0,413	0,953
N (g kg ⁻¹)	2,36	2,36	2,01	2,62	0,0157	0,053	0,125
P (g kg ⁻¹)	0,24	0,25	0,13	0,37	0,0549	0,224	0,003
K (g kg ⁻¹)	1,49	1,48	1,01	1,82	0,1751	0,118	0,031
Ca (g kg ⁻¹)	1,82	1,83	1,32	2,37	0,2369	0,130	0,056
Mg (g kg ⁻¹)	0,40	0,40	0,26	0,60	0,0743	0,186	0,006
S (g kg ⁻¹)	0,23	0,23	0,20	0,28	0,0175	0,076	0,0004
Cu (mg kg ⁻¹)	9,13	9,00	4,00	16,00	2,1639	0,237	4,683
Fe (mg kg ⁻¹)	68,02	61,00	44,00	190,00	24,3478	0,358	592,816
Mn (mg kg ⁻¹)	159,93	148,50	47,00	398,00	76,2904	0,477	5820,229
Zn (mg kg ⁻¹)	20,44	20,00	15,00	34,00	3,7484	0,183	14,051

Observa-se que os maiores valores de desvio padrão, variância e coeficiente de variação ocorreram nos teores foliares dos micronutrientes manganês e ferro, concordando parcialmente com Dias et al. (2013) que obtiveram valores elevados do coeficiente de variação para ferro (128,1%) e cobre (114,9%) em seu estudo do desenvolvimento de normas DRIS para citros, no Estado do Amazonas. Esse comportamento foi semelhante também aos resultados obtidos por Nachtigall (2004) em folhas de macieira, que observou os maiores valores de coeficientes de variação para os teores de micronutrientes (121,36% para zinco, 68,37% para manganês, 66,16 para ferro e 34,97 para cobre).

Embora as plantas selecionadas para formação do banco de dados sejam representativas dos pimentais da região, apresentando um bom nível tecnológico de manejo da cultura, essa elevada variabilidade observada nas concentrações dos micronutrientes nas folhas (valores de variância da amostra e coeficiente de variação) provavelmente pode ser proveniente de contaminação das amostras por produtos utilizados no controle fitossanitário e/ou adubação foliar com micronutrientes.

Para os macronutrientes, a variação observada nas estatísticas descritivas calculadas para os teores nas folhas de pimenteira-do-reino, na população em estudo, pode ser considerada aceitável, estando também de acordo com os resultados obtidos por Nachtigall (2004) que obteve valores semelhantes para a cultura da macieira, no Rio Grande do Sul.

Observou-se que a concentração de N nas folhas da pimenteira-do-reino variou de 2,01 a 2,62 g kg⁻¹ (média 2,36 g kg⁻¹), a de P ficou entre 0,13 e 0,37 g kg⁻¹ (média 0,25 g kg⁻¹), a de K entre 1,01 e 1,82 g kg⁻¹ (média 1,49 g kg⁻¹), a de Ca entre 1,32 e 2,37 g kg⁻¹ (média 1,82 g kg⁻¹), a de Mg entre 0,26 e 0,60 g kg⁻¹ (média 0,40 g kg⁻¹), a de S entre 0,20 e 0,28 g kg⁻¹ (média 0,23 g kg⁻¹), a de Cu entre 4,00 e 16,00 mg kg⁻¹ (média 9,13 mg kg⁻¹), a de Fe entre 44 e 190 mg kg⁻¹ (média 68,02 mg kg⁻¹), a de Mn entre 47 e 398 mg kg⁻¹ (média 159,93 mg kg⁻¹), e a de Zn entre 15 e 34 mg kg⁻¹ (média 20,44 mg kg⁻¹).

Comparando os resultados obtidos com trabalhos de pesquisas sobre a nutrição da pimenteira-do-reino realizados por Kato (1978), Veloso et al (1998), Serrano et al. (2006), Prezotti et al. (2007), e Partelli (2009), pode-se observar que, de modo geral, as concentrações dos nutrientes situaram-se dentro da faixa considerada normal, com um pequeno número de amostras nas faixas abaixo e acima da necessidade nutricional da cultura.

A produção (kg planta⁻¹) de pimenta preta variou de 0,70 a 4,73 kg planta⁻¹ (Tabela 5). Considerando que a média de produção da pimenteira-do-reino no estado do Pará é de 2,20 kg planta⁻¹ (FILGUEIRAS, 2002), pode-se afirmar que a média de produção dos pimentais avaliados (2,37 kg planta⁻¹) foi superior à média da região, o que indica que a amostragem proposta, para a definição das normas DRIS foi adequada, já que inclui pimentais de alta e baixa produtividade.

As distribuições de frequência das concentrações de macro e micronutrientes, em folhas de pimenteira-do-reino, coletadas de 51 plantas de pimentais cultivados na região Nordeste do estado do Pará, estão apresentadas nas Figuras 2 e 3.

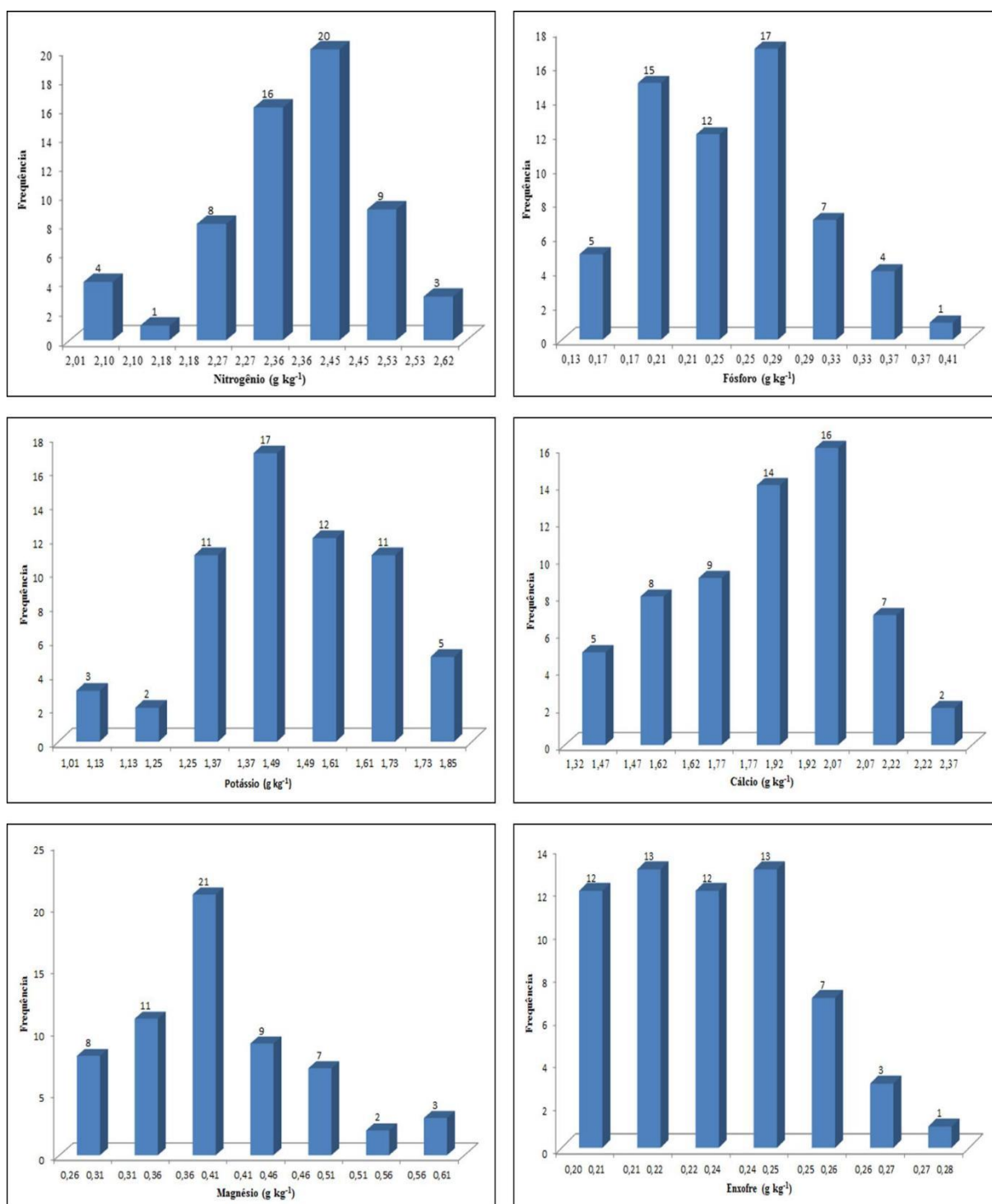


Figura 2. Distribuição de frequência das concentrações de macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) em folhas de pimenteira-do-reino de 51 plantas, de pimentais cultivados na região de Tomé Açu - PA.

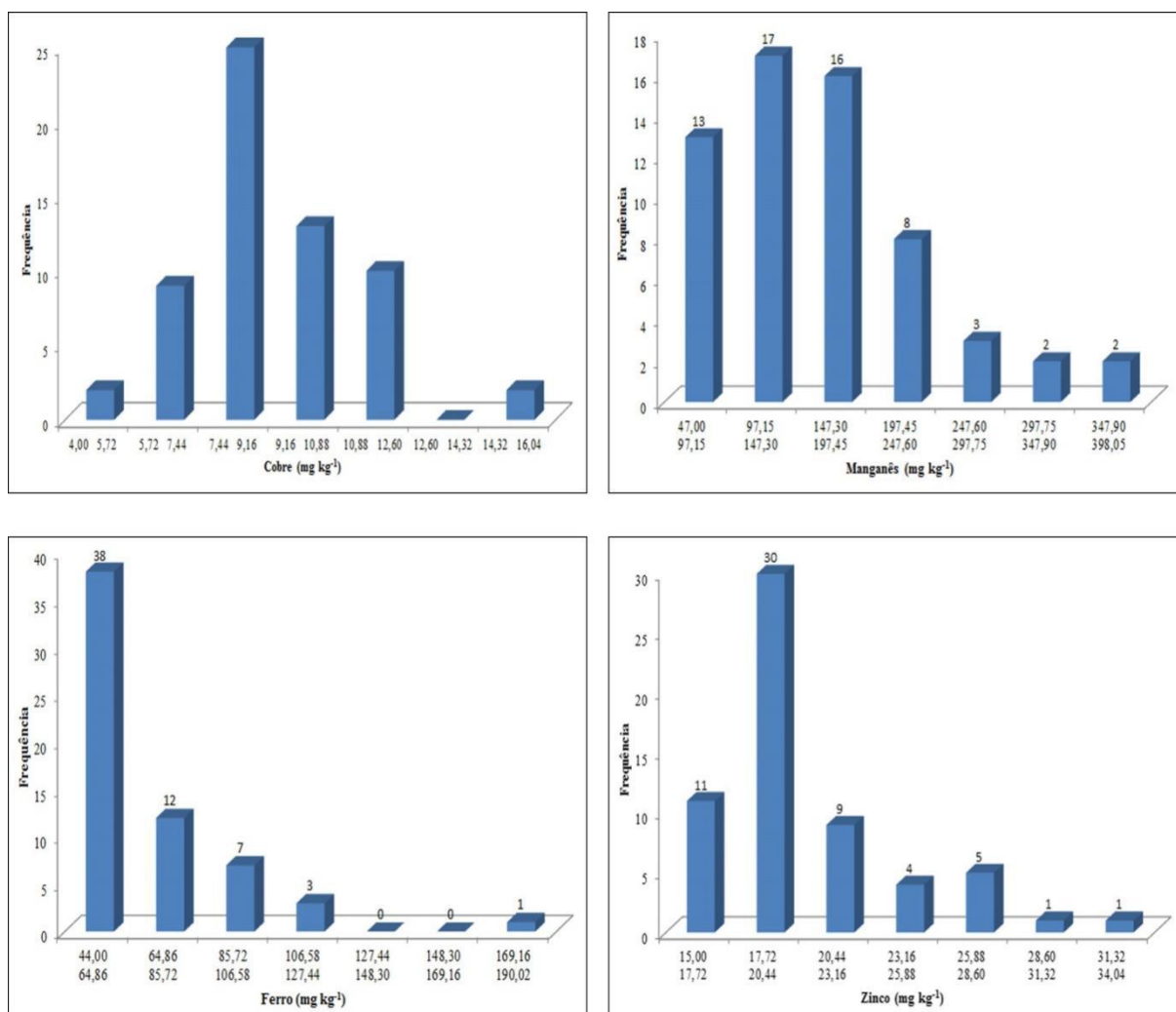


Figura 3. Distribuição de frequência das concentrações de micronutrientes (cobre, ferro, manganês e zinco) em folhas de pimenteira-do-reino, de 51 plantas de pimentais, cultivados na região de Tomé Açu - PA.

Analisando os gráficos da Figura 2 observa-se que, com exceção do enxofre, as concentrações de macronutrientes, nas folhas da pimenteira-do-reino, apresentaram um comportamento próximo da curva normal de distribuição de frequência, o que é um indicativo da boa representatividade das plantas com relação aos pimentais amostrados. Já no caso dos micronutrientes (Figura 3), esse comportamento foi verificado apenas na concentração do cobre, provavelmente, em função do manejo fitossanitário adotado, pelos produtores nos pimentais da região.

2.3.2 Avaliação dos métodos de cálculo do DRIS

O valor médio de todas as relações entre os pares de nutrientes, o coeficiente de variação, o desvio padrão e a variância (Normas) calculados para as relações entre nutrientes, dois a dois, o coeficiente de correlação entre a razão de cada par de nutrientes e a produtividade da pimenteira-do-reino (critério do valor R), e a razão entre variâncias das populações de alta e baixa produtividade (critério do valor F), considerando a população de referência, são apresentados na Tabela 6.

Observa-se na Tabela 6, que os dois critérios para a escolha da razão dos nutrientes: valor R, proposto por Nick (1998), e valor F, descrito por Letzsch (1985) e Walworth et al (1986), selecionaram razões diferentes, principalmente, quando estavam envolvidos os nutrientes manganês e cobre. Porém, houve concordância das normas, em 26 das relações duais (58%), nas quais estavam presentes os nutrientes fósforo, potássio e cálcio, o que demonstra a boa representatividade das plantas amostradas, em relação aos pimentais avaliados, haja vista às diferenças na forma de escolha das relações.

A utilização de todas as relações duais - TD (Tabela 7) tem sido utilizada, ao longo do tempo, para determinação das normas DRIS. Conforme sugerido por Alvarez Venegas e Leite (1999), 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. Também, com a finalidade de corrigir esses desvios de simetria, quando se empregam todas as relações duais, foi sugerida por Beverly (1987), a transformação por logaritmo natural, dos valores obtidos no cálculo da razão entre os pares de nutrientes. Esse recurso já está sendo utilizado em diversos trabalhos de pesquisa, com resultados bastante satisfatórios (URANO et al., 2006, 2007; SERRA et al., 2010a, b).

Tabela 6. Relações duais e normas DRIS (média, coeficiente de variação e desvio padrão) e variância para as relações de nutrientes dois a dois, coeficiente de correlação (R) entre a razão da produtividade (g/planta de pimenta preta) e cada par de nutrientes (NICK, 1998) e razão entre variâncias das populações de alta e baixa produtividade (LETZSCH, 1985; WALWORTH et al., 1986), considerando a população de referência.

Relação	Média	CV (%)	Desvio Padrão	Variância	R	$S^2_{\text{baixa}} / S^2_{\text{alta}}$
N/P	11,270	18,25	2,0572	4,2321	0,0475	1,7234
N/K	1,856	13,72	0,2548	0,0649	0,2176	0,6382
N/Ca	1,312	9,04	0,1186	0,0141	0,0229	1,9038

Tabela 6. (Continuação)

Relação	Média	CV (%)	Desvio Padrão	Variância	R	$S^2_{\text{baixa}}/$ S^2_{alta}
N/Mg	6,436	25,65	1,6510	2,7259	<u>0,2146</u>	<u>0,4770</u>
N/S	10,316	9,97	1,0281	1,0570	0,0002	0,8590
N/Cu	0,277	14,05	0,0389	0,0015	0,0057	<u>4,8183</u>
N/Fe	0,040	7,75	0,0031	0,0000	0,4144	10,5889
N/Mn	0,013	27,16	0,0037	1,3349	0,1799	<u>7,9448</u>
N/Zn	0,125	15,60	0,0195	0,0004	<u>0,0529</u>	<u>1,0837</u>
P/N	0,092	21,41	0,0197	0,0004	<u>0,0501</u>	<u>1,7620</u>
P/K	0,171	25,68	0,0439	0,0019	0,1704	0,6925
P/Ca	0,122	28,32	0,0345	0,0012	<u>0,0516</u>	<u>1,0494</u>
P/Mg	0,570	17,49	0,0998	0,0100	<u>0,1987</u>	<u>3,2608</u>
P/S	0,936	16,41	0,1536	0,0236	0,0603	2,6580
P/Cu	0,026	26,03	0,0066	0,0000	<u>0,0256</u>	<u>2,9155</u>
P/Fe	0,004	20,18	0,0007	0,0000	0,2179	3,4072
P/Mn	0,001	32,64	0,0004	0,0000	0,2605	<u>10,5197</u>
P/Zn	0,011	10,41	0,0012	0,0000	0,0003	9,5600
K/N	0,548	13,61	0,0745	0,0056	<u>0,2547</u>	<u>1,2504</u>
K/P	6,194	24,90	1,5420	2,3776	<u>0,2086</u>	<u>1,2018</u>
K/Ca	0,719	17,41	0,1253	0,0157	<u>0,1093</u>	<u>2,0174</u>
K/Mg	3,587	36,07	1,2939	1,6741	<u>0,3053</u>	<u>0,5706</u>
K/S	5,653	16,10	0,9102	0,8284	<u>0,1616</u>	<u>1,0119</u>
K/Cu	0,151	17,08	0,0258	0,0007	<u>0,2244</u>	<u>5,1970</u>
K/Fe	0,022	12,48	0,0027	0,0000	<u>0,0152</u>	6,1462
K/Mn	0,008	29,65	0,0150	0,0002	0,0083	<u>11,2921</u>
K/Zn	0,068	21,90	0,0022	0,0000	<u>0,2429</u>	<u>1,1215</u>
Ca/N	0,768	9,79	0,0752	0,0057	0,0156	1,4994
Ca/P	8,749	26,26	2,2974	5,2781	0,0346	0,9166
Ca/K	1,427	16,60	0,2368	0,0561	0,0874	0,9058
Ca/Mg	4,958	26,64	1,3210	1,7450	<u>0,2168</u>	<u>0,3882</u>
Ca/S	7,974	18,58	1,4816	2,1951	0,0053	0,5284
Ca/Cu	0,214	22,61	0,0485	0,0024	0,0097	2,6108

Tabela 6. (Continuação)

Relação	Média	CV (%)	Desvio Padrão	Variância	R	$S^2_{\text{baixa}}/S^2_{\text{alta}}$
Ca/Fe	0,031	15,57	0,0048	0,0000	0,0585	3,1640
Ca/Mn	0,010	29,54	0,0031	0,0000	0,1360	8,7308
Ca/Zn	0,096	20,63	0,0199	0,0004	<u>0,0517</u>	<u>0,9774</u>
Mg/N	0,166	29,23	0,0486	0,0024	0,1567	0,3146
Mg/P	1,807	19,14	0,3459	0,1197	0,1325	2,3138
Mg/K	0,314	38,39	0,1205	0,0145	0,1965	0,3145
Mg/Ca	0,220	35,43	0,0779	0,0061	0,1455	0,2141
Mg/S	1,694	24,34	0,4123	0,1700	0,1759	0,4206
Mg/Cu	0,047	37,13	0,0174	0,0003	0,0899	0,9471
Mg/Fe	0,007	29,12	0,0019	0,0000	0,2869	1,0626
Mg/Mn	0,002	43,52	0,0010	0,0000	0,2888	3,1505
Mg/Zn	0,020	20,24	0,0041	0,0000	0,1216	1,1993
S/N	0,098	9,93	0,0097	0,0000	<u>0,0023</u>	<u>0,9539</u>
S/Cu	0,027	15,97	0,0043	0,0000	0,0006	3,6452
S/P	1,090	13,84	0,1508	0,0227	0,0911	2,8965
S/K	0,182	20,29	0,0369	0,0014	0,1329	0,3702
S/Ca	0,129	17,23	0,0222	0,0005	0,0117	0,6758
S/Mg	0,624	25,40	0,1585	0,0251	0,2533	0,3940
S/Fe	0,004	10,67	0,0004	0,0000	0,2562	5,3817
S/Mn	0,001	31,13	0,0004	0,0000	0,1415	5,5861
S/Zn	0,012	13,71	0,0017	0,0000	<u>0,0643</u>	<u>1,2897</u>
Cu/N	3,669	13,70	0,5027	0,2527	0,0188	4,5476
Cu/P	41,272	21,29	8,7865	77,2018	0,0062	2,4474
Cu/K	6,780	16,05	1,0881	1,1840	0,2474	2,0512
Cu/Ca	4,836	18,18	0,8793	0,7732	<u>0,0328</u>	<u>3,4015</u>
Cu/Mg	23,934	32,95	7,8867	62,2004	0,0758	1,0316
Cu/S	37,807	16,36	6,1867	38,2776	0,0141	2,5701
Cu/Fe	0,147	15,66	0,0230	0,0005	0,2116	5,6994
Cu/Mn	0,049	26,30	0,0128	0,0002	0,2499	6,6630
Cu/Zn	0,460	23,298	0,1072	0,0115	0,0033	1,4901
Fe/N	25,074	8,01	2,0095	4,0380	<u>0,4425</u>	<u>39,5923</u>

Tabela 6. (Continuação)

Relação	Média	CV (%)	Desvio Padrão	Variância	R	S ² _{baixa} / S ² _{alta}
Fe/P	281,364	17,40	48,9586	2396,9487	<u>0,3030</u>	<u>3,7826</u>
Fe/K	46,411	13,97	6,4836	42,0366	0,0099	6,9744
Fe/Ca	32,970	13,37	4,4069	19,4207	<u>0,0854</u>	<u>15,3337</u>
Fe/Mg	161,603	28,27	45,6893	2087,5093	<u>0,4059</u>	<u>2,8219</u>
Fe/S	258,151	10,98	28,3357	802,1351	0,2534	15,1319
Fe/Cu	6,936	13,57	0,9413	0,8860	0,1972	15,4105
Fe/Mn	0,335	26,36	0,0882	0,0078	0,0692	17,8803
Fe/Zn	3,131	18,85	0,5902	0,3483	0,2550	6,0709
Mn/N	81,006	35,68	28,9012	835,2790	0,2606	1,2638
Mn/P	908,526	37,82	343,5952	118057,6636	0,2810	1,8622
Mn/K	149,517	36,29	54,2560	2943,7140	0,1217	1,0017
Mn/Ca	106,104	35,03	37,1630	1381,0857	0,1830	1,5634
Mn/Mg	524,762	43,51	228,3057	52123,4777	0,3878	0,9778
Mn/S	842,102	39,82	335,3526	112461,3950	0,1951	0,9409
Mn/Cu	10,222	45,78	4,6795	21,8973	0,2868	0,5754
Mn/Fe	3,204	29,32	0,9396	0,8828	0,1436	2,3093
Mn/Zn	22,181	33,70	7,4741	55,8625	0,2282	1,0844
Zn/N	8,263	21,76	1,7977	3,2317	0,0401	0,8684
Zn/P	90,529	10,77	9,7513	95,0886	<u>0,0039</u>	<u>12,6918</u>
Zn/K	15,326	24,11	3,6945	13,6492	0,1814	0,8084
Zn/Ca	10,932	28,66	3,3343	9,8184	0,0420	0,6301
Zn/Mg	51,523	19,60	10,0996	102,0019	<u>0,1968</u>	<u>1,5828</u>
Zn/S	84,429	17,73	14,9673	224,0212	0,0471	1,2410
Zn/Cu	2,304	28,51	0,6570	0,4316	0,2236	1,2606
Zn/Fe	0,331	21,64	0,0717	0,0051	0,1608	1,8575
Zn/Mn	0,111	31,50	0,0350	0,0012	0,0164	5,2802

Obs.: Os valores em negrito correspondem às relações entre nutrientes selecionadas e, os valores sublinhados correspondem às relações selecionadas pelos dois critérios.

No procedimento de escolha das relações pelo valor R, a correlação entre relações duais e produtividade apresentou valores baixos, com o mínimo de $r = 0,0002$, $p > 0,05$ e máximo de $r = 0,4425$, $p < 0,01$, sendo utilizado um coeficiente de correlação baixo em muitas relações.

Embora o uso de coeficientes de correlação, com valores muito baixos, não seja favorável à eficácia do sistema de diagnose, foi observado que houve concordância em 26 relações escolhidas para comporem as normas, pelos dois critérios utilizados, valor esse superior ao encontrado por Silveira et al. (2005a), que observaram que a concordância na escolha das relações para compor as normas, utilizando os critérios valor F e r, para determinação dos índices DRIS para gramíneas, 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, enquanto no presente trabalho essa coincidência foi de 58%.

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., 2007a,b). Assim, definidas as Normas DRIS, foi estabelecido o procedimento padrão para o cálculo dos Índices DRIS, utilizando os três critérios para a escolha da ordem da razão dos nutrientes: valor R, proposto por Nick (1998), valor F, descrito por Letzsch (1985) e Walworth et al. (1986), e o uso de todas as relações duais, citado por Alvarez Venegas e Leite (1999) e o método proposto por Beaufils (1973), cuja equação original gera Índices DRIS que realçam os nutrientes que se encontram mais deficientes, e o método proposto por Jones (1981), que se caracteriza por envolver cálculos mais simples, os quais são normalmente os mais utilizados nos trabalhos relacionados ao uso do DRIS.

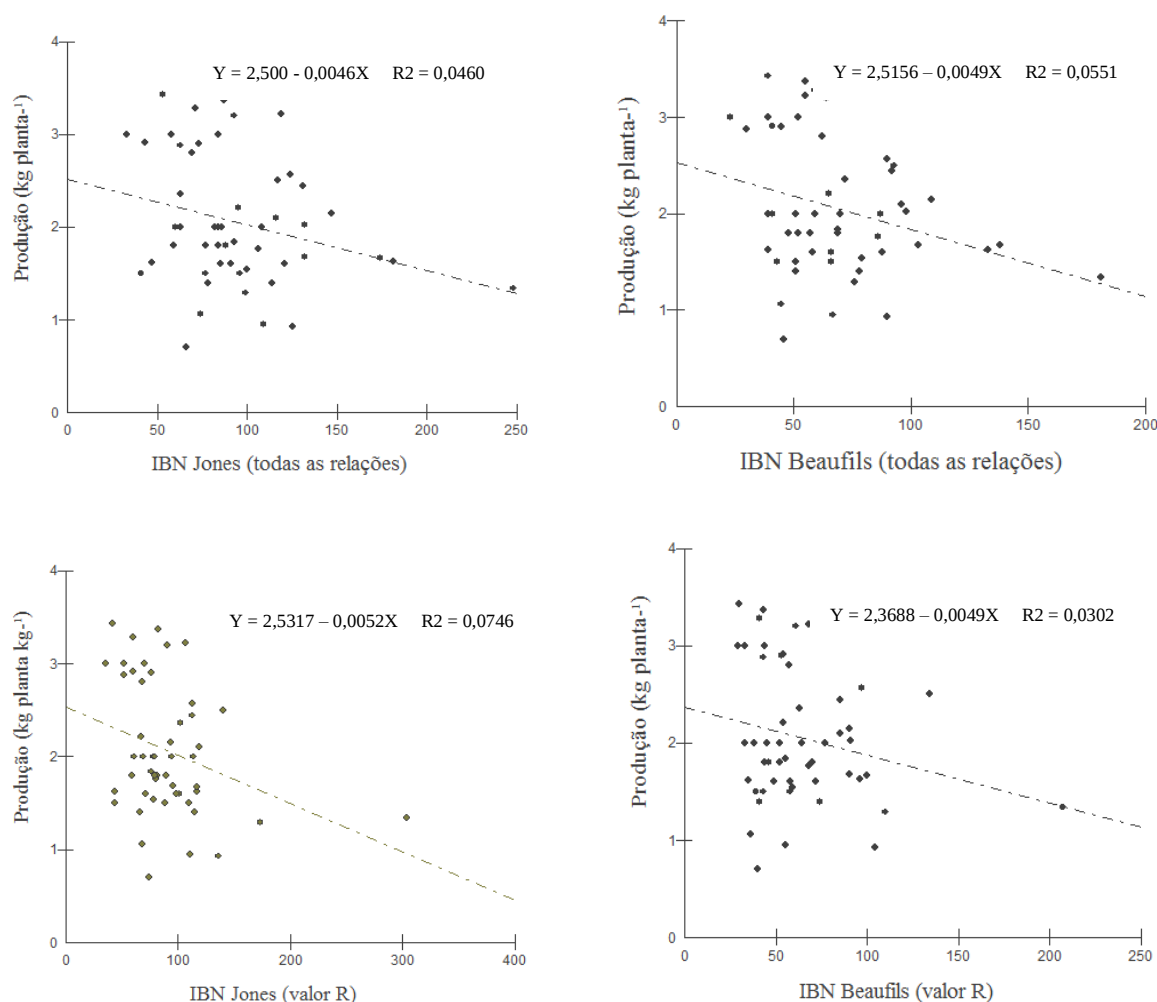
A relação entre os IBN e a produtividade estão expostas na Figura 2, em que, todos os coeficientes de determinação (R^2) foram significativos ($p < 0,01$). O R^2 variou entre 0,0302 a 0,0746, o que indica que outros fatores não nutricionais, e até mesmo nutricionais que não foram mensurados, estão influenciando na produtividade.

Ao relacionar IBN e produtividade no capim-braquiária, Silveira et al. (2005a) observaram que o coeficiente de determinação ficou entre 0,39 a 0,74, ocasião em que pode confirmar a influência de outros fatores implicando na resposta da produtividade da planta.

O critério para escolha da ordem da razão dos nutrientes, utilizando todas as relações (BEAUFILS, 1973), apresentou melhor ajuste entre os Índices DRIS e a produtividade da pimenteira-do-reino, quando foi empregada a função de cálculo do DRIS, preconizada por Beaufils (1973), enquanto que o critério valor R, proposto por Nick (1998) e o critério do valor F, descrito por Letzsch (1985) e Walworth et al. (1986), apresentaram melhor ajuste entre os Índices DRIS e a produtividade para o método preconizado por Jones (1981). Esse resultado

concorda com o encontrado por Nachtigall (2004) ao estudar os Índices DRIS para macieira, onde afirma que o método proposto por Jones foi o mais sensível ao tipo de razão entre nutrientes utilizado na escolha das normas DRIS.

É importante ressaltar que a função de cálculo do DRIS, preconizada por Jones (1981), foi a que apresentou o maior ajuste entre IBN e a produtividade, independente do critério utilizado para a escolha das normas (Figura 4). Assim, pode-se considerar que a função preconizada por Jones (1981) seria a mais indicada para utilização nos cálculos de Índices DRIS para avaliar o estado nutricional da pimentais do Nordeste do Pará.



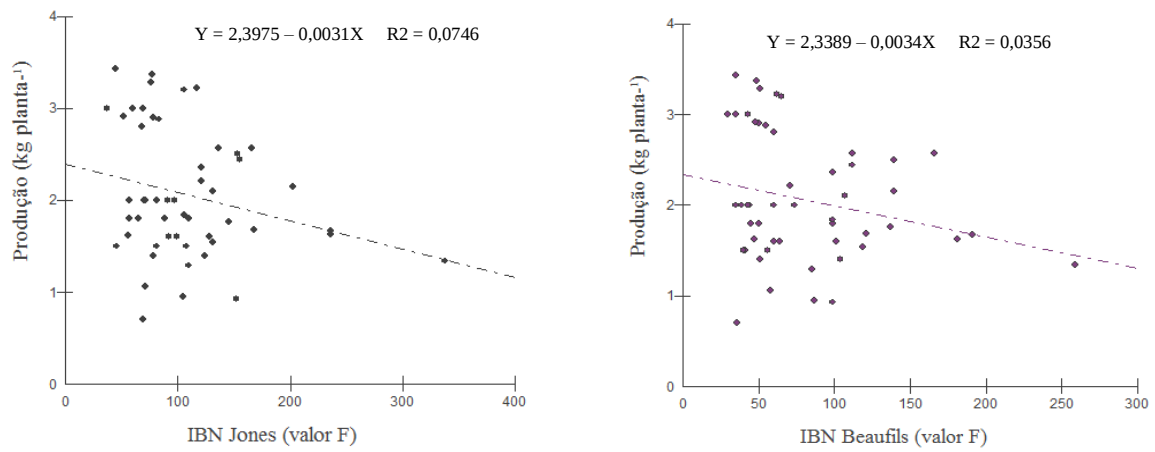
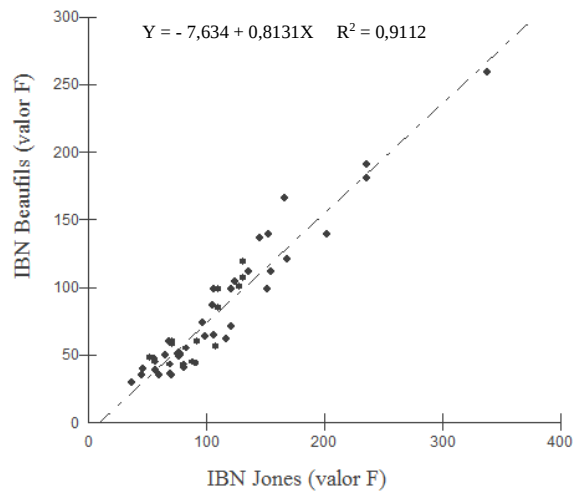


Figura 4. Relação entre produtividade e IBN calculados pelos métodos de Beaufils (1973) e de Jones (1981), com as normas definidas pelo critério valor F, pelo critério valor R e com todas as relações duais.



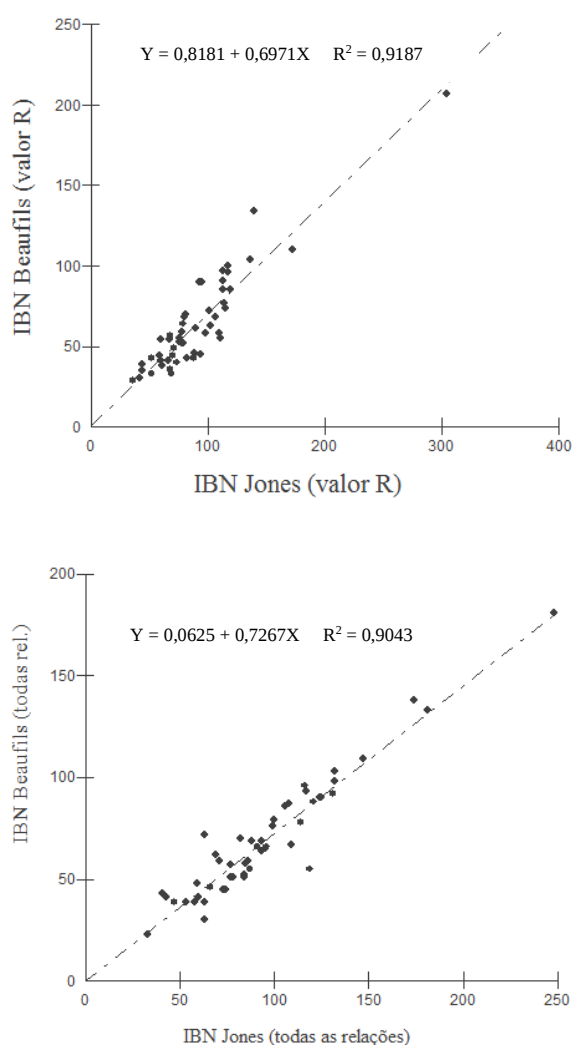


Figura 5. Relação entre os IBNs calculados pelos métodos de Beaufils (1973) e de Jones (1981), com as normas definidas pelo critério valor F, pelo critério valor R e com todas as relações duais.

As relações entre os três índices DRIS obtidos pelos dois métodos (BEAUFILS, 1973; JONES, 1981) com as combinações de critérios de escolha da ordem das relações duais entre nutrientes (valor R, valor F) e utilizando todas as relações, são apresentadas na Figura 5.

Pode-se observar 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, indicando que o método de Jones (1981) se manteve constante entre as normas testadas, com valores de coeficiente de determinação próximos (Figura 5).

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) inferiram 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.

O método de Beaufils (1973), para o cálculo das funções DRIS, foi estudado por Alvarez Venegas 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).

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 Manganês, Boro e Molibdênio, sendo que os mesmos apresentaram ajuste de equações logarítmicas na análise de regressão, entre os teores foliares e os índices DRIS. Hallmark et al. (1991) constataram, nas fórmulas proposta por Beaufils (1973), um efeito linear para $A/B > a/b$, 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 a condição de $A/B < a/b$.

Ao relacionar os IBNs, gerados pelas diferentes combinações de critérios de escolha das normas e métodos de cálculo, foi possível verificar que, independente da forma de escolha das relações duais para compor as normas, a correlação entre os IBNs gerados com as fórmulas de Jones (1981) versus as de Beaufils (1973) foi bastante alta, indicando serem adequados para estudos com Índice Dris para pimenteira-do-reino.

2.4 Conclusões

- 1) O método de cálculo das funções DRIS, preconizado por Jones, é o mais adequado para determinação dos Índices DRIS para a pimenteira-do-reino.
- 2) A combinação de métodos mais eficaz foi a escolha das relações duais para compor as normas, tanto pelo valor F como pelo valor R, e o cálculo das funções DRIS pelo método preconizado por Jones.

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, p.448-456, 1996.
- BEAUFILS, E. R. **Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS)**. A general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. Pietermaritzburg: University of Natal, 1973. 132p. Soil Science Bulletin, n. 1, p. 1-132, 1973.
- BEVERLY, R. B. Modified DRIS method for simplified nutrient diagnosis of 'Valencia' oranges. **Journal of Plant Nutrition**, v.10, p.1401-1408, 1987.
- DIAS, A. M. A.; BATISTA, A. M. V.; CARVALHO, F. F. R. de; GUIM, A.; SILVA, G.; SILVA, A. C. da. Nutrient intake and digestibility and performance of goats fed rough wheat bran in replacement of corn. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 4, p. 831-836, 2010.
- DIAS, A. M. A.; BATISTA, A. M. V.; CARVALHO, F. F. R. de; GUIM, A.; SILVA, G.; SILVA, A. C. da. **Nutrient intake and digestibility and performance of goats fed rough wheat bran in replacement of corn**. Rev. Bras. de Zootecnia, Viçosa, v. 39, n. 4, p. 831-836, 2010. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/aa/a/mVpnw6hZGy7pzpnXrMx6hgS/>>. Acesso em: 13 fev. 2013.
- 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.
- FILGUEIRAS, G. C.; HOMMA, A. K. O.; SANTOS, M. A. S. dos; MOTA Jr., K. J. A. da; SILVA, S. C. **A exploração da pimenta-do-reino como alternativa de sustentabilidade socioeconômica e ambiental no estado do PARÁ**. VI Encontro Nacional da ANPPAS, 18 a 21 de setembro de 2012. Belém-PA-Brasil.
- FILGUEIRAS, G. C. **Crescimento agrícola no Estado do Pará e a ação de políticas públicas: avaliação pelo método shift-share**. Belém: UNAMA, 2002. (Dissertação de Mestrado em Economia). 156 f.
- FRAZÃO, D. A. C.; HOMMA, A. K. O.; ISHISUKA, Y.; MENEZES, A. J. E. A. de, MATOS, G. B. de; ROCHA, A. C. P. N. da. **Indicadores Tecnológicos, econômicos e sociais em comunidades de pequenos agricultores de Tomé Açu, PA**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 78p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 229).
- 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, J. B.; JONES, J. B.; BEAUFILS, J. C. R. A critical evaluation of the original Beaufils formula for calculating DRIS indices. **Journal of Plant Nutrition**, v. 14, n. 3, p. 315-328, 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.

KATO, A. K. **Teor e distribuição de N, P, K, Ca e Mg em pimenteiras-do-reino (*Piper nigrum* L.)**. Piracicaba: 1978. 75p. (Tese Mestrado).

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.

MICROSOFT CORPORATION. Microsoft Excel (Versão 2010). Redmond: Microsoft Corporation, 2010.

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.

NACHTIGALL, G. R. **Análise do estado nutricional de macieiras utilizando o método DRIS**. 2004. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

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

OLIVEIRA, R. F. de; CRUZ, E. de S.; BASTOS; J. B.; ALBUQUERQUE, F. C. de; MURAOKA, T.; SASAKI, G. K. **Aplicação do DRIS para determinação do estado nutricional de pimenta-do-reino em Tomé-Açu, PA**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1996, Belém. Anais. Belém: EMBRAPA-CPATU/JICA, 1997. p.259-67. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 89).

PARTELLI, F. L. Nutrition of black pepper (*Piper nigrum* L.) - a Brazilian experience. **Journal of Spices and Aromatic Crops**, v. 18, p. 73-83, 2009.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. **Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo – 5ª aproximação**. Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análise química de plantas**. Piracicaba: ESALQ. 1974. 56p.

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.

SERRANO, L. A. L.; LIMA, I. M.; MARTINS, M. V. V. **A cultura da pimenteira-do-reino do Estado do Espírito Santo**. Vitória, ES: Incaper, 2006. 36p. (Incaper. Documentos, 146).

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.

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.

VELOSO, C. A. C.; MURAOKA, T.; MALAVOLTA, E.; CARVALHO, J. G. **Efeitos do alumínio em pimenteiros-do-reino (*Piper nigrum*, L.) cultivadas em solução nutritiva**. *Scientia Agricola*, v. 55, n. 1, p. 1-9, 1998.

WAARD, P. W. F. de; **Foliar diagnosis, nutrition and yield stability of black pepper (*Piper nigrum* L.)**. In Sarawak. Amsterdam: Royal Tropical Institute, 1969. 149p. (Royal Tropical Institute. Communication, 58).

WADT, P. G. S.; ALVAREZ, V. H.; NOVAIS, R. F.; FONSECA, S.; BARROS, N. F. O método da chance matemática na interpretação de dados de levantamento nutricional de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 4, p. 423-432, 1998.

WADT, P. G. S.; ALVAREZ, V. H.; NOVAIS, R. F.; FONSECA, S.; BARROS, N. F. **Modelagem de funções no cálculo dos índices DRIS**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 42, n. 1, p. 1-8, jan./mar. 1999.

WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E. **The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS)**. Advances in Soil Sciences, 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 database. Communications in Soil Science and Plant Analysis, v.19, n.5, p.563-577, 1986.

3. POTENCIAL DE RESPOSTA À ADUBAÇÃO PARA A INTERPRETAÇÃO DOS INDICES DRIS PARA A PIMENTEIRA-DO-REINO

RESUMO

A cultura da pimenteira-do-reino 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 do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) seriam capazes de diagnosticar o estado nutricional da pimenteira-do-reino, e verificar o comportamento dessas combinações de métodos pela interpretação dos índices DRIS pelo potencial de resposta à adubação. Dados de produtividade e de teores foliares (macro e micronutrientes) de plantas de 51 pimentais cultivados em áreas de produtores do Nordeste paraense, foram selecionados para compor a base de dados. O critério para definir a população de referência foi com base na média de produtividade que, na região nordeste do Estado é de 3,5 kg planta⁻¹ de pimenta preta. Independente da combinação de métodos para a determinação das normas e funções DRIS, a porcentagem de pimentais que se apresentaram nutricionalmente equilibrados, em relação a cada nutriente individual, foi superior aos desequilíbrios nutricionais. Todas as combinações de critérios e métodos foram capazes de diagnosticar o estado nutricional da pimenteira-do-reino.

Palavras-chave: Nutrição mineral, *Pipper nigrum*, normas DRIS, funções DRIS, diagnose foliar.

ABSTRACT

The black pepper 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 black pepper 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 51 commercial cultures of black pepper 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 growers field (3,5 kg plant⁻¹ of black pepper 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. All combinations of methodologies were able to diagnose the nutritional status.

Keywords: Mineral nutrition, *Pepper nigrum*, DRIS norms, DRIS functions, foliar diagnosis.

3.1 Introdução

A pimenteira-do-reino (*Peper nigrum* L.) é uma das poucas culturas que são regularmente adubadas, no Estado do Pará, porém as quantidades empregadas e as fontes de nutrientes utilizadas são bastante variadas, em função dos fertilizantes disponíveis no Estado e dos preços da pimenta no mercado internacional. Desse modo há uma tendência dos pipericultores aplicarem grandes quantidades de fertilizantes quando os preços estão altos e reduzirem as adubações quando os lucros diminuem (OLIVEIRA e BOTELHO, 2005).

Com o elevado custo com fertilizantes e corretivos, na Região, é necessário que o programa de manejo das adubações e corretivos seja bem embasado a fim de evitar o excesso ou deficiência de nutrientes. Como a planta é considerada um extrator natural de nutrientes do solo, a diagnose foliar é uma excelente ferramenta para fornecer informações importantes da extração de nutrientes pela cultura, com a possível resposta da planta a adubação (VELOSO et al., 1998).

Entretanto, os sistemas mais utilizados para a diagnose, definidos como Nível Crítico e a Faixa de Suficiência (BALDOCK e SCHULTE, 1996), trazem poucos resultados em condições de campo. Com a finalidade de corrigir esses problemas, Beaufils (1973) desenvolveu o método 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.

Com o passar do tempo, 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, entre outras. Além disso, surgiram 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, sendo mais utilizados o valor F (BEAUFILS, 1973; JONES, 1981; LETZSCH, 1985; WALWORTH e SUMNER, 1987), o valor r (NICK, 1998), e todas as relações duais (ALVAREZ V. e LEITE, 1999). Essas diversas combinações de métodos, porém, podem comprometer a determinação dos índices DRIS, devido às diferenças entre esses índices, quando se utilizam uma ou outra combinação de métodos (WADT et al., 1998; SILVA et al., 2009).

Para cada nutriente analisado, o método DRIS fornece índices positivos ou negativos, representando seu efeito no balanço nutricional da planta, sendo que, quanto mais próximo de

zero estiverem os índices dos elementos avaliados, mais próximo do equilíbrio nutricional estará nutrição da planta (BEAUFILS, 1973; JONES, 1981; BEVERLY, 1991).

Os índices DRIS obtidos 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, e sua interpretação pode ser realizada pela utilização do potencial de resposta à 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, as quais são: resposta à 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 desta pesquisa foi avaliar se diferentes combinações de métodos para definição das normas e funções DRIS seriam capazes de diagnosticar o estado nutricional da pimenteira-do-reino, e verificar essas combinações de métodos, pela interpretação dos índices DRIS e pelo potencial de resposta à adubação.

3.2 Material e métodos

3.2.1 Local de coleta

Este trabalho foi realizado com dados oriundos de plantios comerciais de pimenteira-do-reino, conduzidas em sistema de plantio convencional, localizados na região Nordeste do Estado do Pará, e referem-se à parte do mesmo conjunto de dados utilizados no trabalho de Oliveira et al. (1997), realizado na região próxima do município de Tomé-Açu.

O município de Tomé Açu localiza-se na Mesorregião Nordeste Paraense, ocupando uma área de 5 179,2 km², à margem esquerda do Rio Acará, nas coordenadas geográficas 2°40'54'' de latitude Sul e 48°16'11'' de longitude Oeste de Greenwich. Limita-se, ao norte com os municípios de Acará e Concórdia do Pará, a Leste, com os municípios de São Domingos do Capim, Aurora do Pará e Ipixuna do Pará, ao sul, com o município de Ipixuna do Pará e, a oeste, com os municípios de Tailândia e Acará (Figura 6).

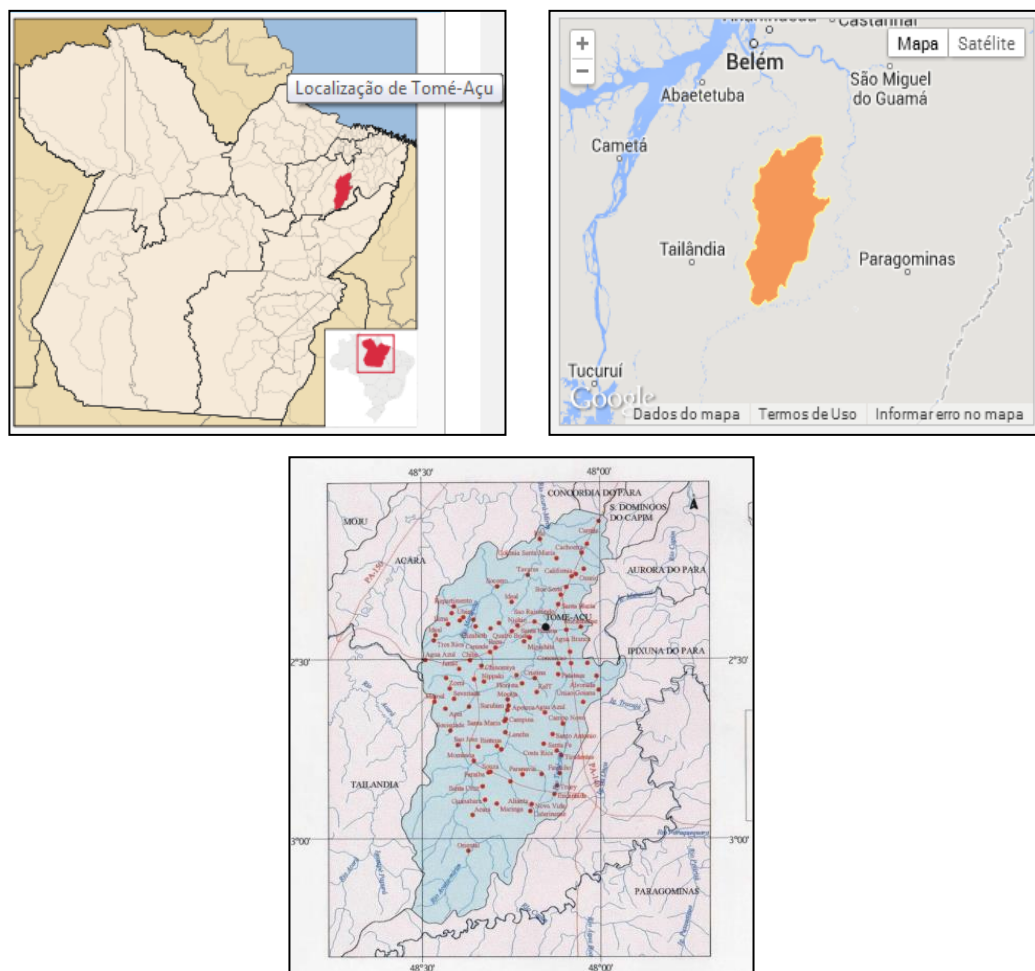


Figura 6. Mapa do estado do Pará, com a localização do município de Tomé-Açu, e das principais localidades e vias de acesso.

O acesso à Tomé-Açu, antes da abertura da Rodovia PA 140, em 1973, no governo Fernando Guillon, com 17 km de extensão, era exclusivamente por via fluvial, através do Rio Acará e seu afluente, o Rio Acará-Mirim. A partir daí, com a construção da PA 140, esta passou a ser o principal acesso ao Município, conectando-o com os municípios de Santa Isabel do Pará, Bujaru, Acará e Concórdia do Pará, com uma travessia de balsa em Bujaru, no Rio Guamá. Há, ainda, duas vias de acesso pela Rodovia Belém-Brasília, uma em Mãe do Rio, alcançando Concórdia do Pará, e outra em Paragominas, ambas com travessia de balsa no Rio Capim. Existem, também, duas entradas pela Rodovia PA 150, uma entre as cidades de Moju e Tailândia, com travessia de balsa no Rio Acará-Mirim, e outra nas proximidades de Moju, onde a travessia de balsa no Rio Acará ocorre na cidade de Acará. Atualmente, a construção de quatro pontes do complexo da Alça Viária, em 2002, permitiu o acesso a Tomé-Açu e Acará por diversas estradas secundárias, com grande fluxo de veículos (FRAZÃO et al., 2005).

O relevo, predominante na região do município de Tomé-Açu, é plano a levemente ondulado, com amplitude altimétrica entre 14 e 96 metros em relação ao nível do mar.

Os solos são representados por Latossolos Amarelo distróficos, com suas classes texturais variando de média a argilosa.

O clima da região é do tipo Ami (classificação de Köppen), com temperatura média máxima de 34,4°C e temperatura média mínima de 21,1°C. A precipitação anual, em torno de 2500 mm, tem uma distribuição irregular durante os meses, definindo duas estações, uma mais chuvosa, entre os meses de novembro a junho e outra menos chuvosa, do mês de julho a outubro. Nessa época, quando ocorrem totais pluviométricos mensais inferiores a 100 mm, verifica-se uma significativa deficiência hídrica, altamente prejudicial aos cultivos da região.

As plantas de pimenta-do-reino, utilizadas para compor a base de dados, foram da variedade Cingapura, pertencentes à pimentais cultivados na região de Tomé-Açu.

3.2.2 Formação da base de dados

Para compor a base de dados foram selecionadas 51 quadras em pimentais adultos estabelecidos com a cultivar Cingapura, sendo que cada quadra constou de 20 plantas, representativas do pimental com relação ao aspecto vegetativo, com as copas plenamente formadas até o topo do tutor.

Nessas quadras efetuou-se a amostragem foliar, realizada nos meses de março/abril, no período de enchimento rápido dos grãos. A coleta da amostra foi efetuada no terço mediano das pimenteiras, em quatro pontos ao redor da copa. De cada planta foram retiradas quatro folhas fisiologicamente maduras e completas (limbo + pecíolo), de ramos produtivos e expostos ao sol, segundo metodologia preconizada por Waard (1969).

As amostras de folhas foram secas em estufa, com circulação forçada de ar, com temperatura de 65°C, até peso constante, e moídas em moinho de aço inoxidável, com peneira de 20 mesh.

No tecido foliar foram feitas análises químicas para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn e Mn.

A digestão do tecido foliar para determinação de nitrogênio foi feita por oxidação sulfúrica, enquanto para os demais nutrientes foi utilizada a mistura nitroperclórica (SARRUGE e HAAG, 1974).

O nitrogênio foi determinado pelo método de Kjeldahl, o fósforo por colorimetria de molibdato-vanadato, o potássio por fotometria de chama, o enxofre por turbidimetria do sulfato

de bário, e o cálcio, o magnésio, o cobre, o manganês, o ferro e o zinco, por espectrofotometria de absorção atômica, 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 de micronutrientes (mg kg^{-1}) nas folhas e a produtividade de pimenta seca (kg planta^{-1}).

Como na região selecionada a produtividade de $3,5 \text{ kg planta}^{-1}$ de pimenta preta é considerada alta, a base de dados foi dividida em duas subpopulações, uma com produtividade acima de $3,5 \text{ kg planta}^{-1}$, sendo essa a população de referência, e outra com produtividade abaixo de $3,5 \text{ kg planta}^{-1}$ (população de não referência).

Para as amostras da população de alta produtividade foram calculadas as relações direta e inversa entre os nutrientes, combinados dois a dois, sendo calculada para cada relação, a média (X), o desvio-padrão (S) e o coeficiente de variação (CV).

3.2.3 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 pelo “valor F” (LETZSCH 1985; WALWORTH e SUMNER, 1987), “valor R” (NICK, 1998), e pelo uso de todas as relações duais, tanto na forma direta (A/B) quanto na forma inversa (B/A).

O primeiro critério, descrito por Letzsch (1985) e Walworth et al. (1986), denominado de “valor F”, consiste no cálculo da razão de variâncias, das relações entre nutrientes, entre o grupo de referência (r) e o grupo de baixa produtividade (b), tanto na ordem direta como inversa, sendo selecionada a ordem da relação que apresentar maior razão de variância entre o grupo de alta e o de baixa produtividade:

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;

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

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

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

O segundo critério, proposto por Nick (1998), denominado de “valor R”, consiste no cálculo dos coeficientes de correlação (r) entre os valores de produtividade e a relação entre os pares de nutrientes, tanto na ordem direta como inversa. É selecionada a ordem da relação que apresentar maior valor absoluto do coeficiente de correlação (r):

Se: $|r_{A/B}| > |r_{B/A}|$ então: relação na norma = A/B

Se: $|r_{A/B}| < |r_{B/A}|$ então: relação na norma = B/A

em que:

$|r_{A/B}|$ = Valor absoluto do coeficiente de correlação entre a produtividade e a razão entre as concentrações dos nutrientes A e B da população;

$|r_{B/A}|$ = Valor absoluto do coeficiente de correlação entre a produtividade e a razão entre as concentrações dos nutrientes B e A da população;

O terceiro critério consiste da utilização de todas as relações binárias (Tabela 7), sem discriminar nenhuma relação por qualquer forma, utilizando essas relações tanto na forma direta e como na forma inversa (BATAGLIA e SANTOS, 1990; ALVAREZ V. e LEITE, 1999).

Tabela 7. Normas DRIS (média, coeficiente de variação e desvio padrão) e variância para as relações de nutrientes dois a dois, considerando todas as relações binárias entre os nutrientes da população de referência.

Rel. Dual	Méd.	CV (%)	Desvio Padrão	Variância	Rel. Dual	Média	CV (%)	Desvio Padrão	Variância
N/P	11,270	18,25	2,0572	4,2321	P/N	0,092	21,41	0,0197	0,00039
N/K	1,857	13,72	0,2548	0,0649	K/N	0,548	13,61	0,0745	0,00560
N/Ca	1,312	9,04	0,1186	0,0141	Ca/N	0,768	9,79	0,0752	0,0057
N/Mg	6,436	25,65	1,6510	2,7259	Mg/N	0,166	29,23	0,0486	0,0024
N/S	10,316	9,97	1,0281	1,0570	S/N	0,098	9,93	0,0097	0,00009
N/Cu	0,277	14,05	0,0389	0,0015	Cu/N	3,669	13,70	0,5027	0,2527
N/Fe	0,040	7,75	0,0031	0,00001	Fe/N	25,074	8,01	2,0095	4,0380
N/Mn	0,014	27,16	0,0037	0,00001	Mn/N	81,006	35,68	28,901	835,279
N/Zn	0,125	15,60	0,0195	0,00038	Zn/N	8,263	21,76	1,7977	3,2317
P/K	0,171	25,68	0,0019	0,00197	K/P	6,39	24,90	1,5420	2,3776
P/Ca	0,122	28,32	0,035	0,0012	Ca/P	8,749	26,26	2,2974	5,2781
P/Mg	0,570	17,49	0,0998	0,0100	Mg/P	1,807	19,14	0,3459	0,1197
P/S	0,936	16,41	0,1536	0,0236	S/P	1,090	13,84	0,1508	0,0227
P/Cu	0,026	26,03	0,0066	0,00004	Cu/P	41,272	21,29	8,7865	77,2018
P/Fe	0,005	20,18	0,0007	0,0000005	Fe/P	281,36	17,40	48,958	2396,94
P/Mn	0,001	32,64	0,0004	0,0000002	Mn/P	908,52	37,82	343,59	118057,
P/Zn	0,011	10,41	0,0012	0,000001	Zn/P	91,39	10,77	9,7513	95,0886
K/Ca	0,719	17,41	0,1253	0,0157	Ca/K	1,427	16,60	0,2368	0,0561
K/Mg	3,587	36,07	1,2939	1,6741	Mg/K	0,314	38,39	0,1205	0,0145
K/S	5,653	16,10	0,9102	0,8284	S/K	0,182	20,29	0,0369	0,00136
K/Cu	0,151	17,08	0,0258	0,00067	Cu/K	6,780	16,05	1,0881	1,1840
K/Fe	0,022	12,48	0,0027	0,000008	Fe/K	46,411	13,97	6,4836	42,037
K/Mn	0,007	29,65	0,0022	0,000005	Mn/K	149,52	36,29	54,256	2943,71
K/Zn	0,068	21,90	0,0150	0,00022	Zn/K	15,326	24,11	3,6945	13,649
Ca/Mg	4,958	26,64	1,3210	1,7450	Mg/C	0,220	35,43	0,0779	0,0061
Ca/S	7,974	18,58	1,4816	2,1951	S/Ca	0,129	17,23	0,0222	0,00049
Ca/Cu	0,214	22,61	0,0485	0,0024	Cu/Ca	4,836	18,18	0,8793	0,7732

Ca/Fe	0,031	15,57	0,0048	0,00002	Fe/Ca	32,970	13,37	4,4069	19,4207
Ca/Mn	0,010	29,54	0,0031	0,000009	Mn/C	106,10	35,03	37,163	1381,08
Ca/Zn	0,096	20,63	0,0199	0,00039	Zn/Ca	10,932	28,66	3,1334	9,8184
Mg/S	1,694	24,34	0,4124	0,1700	S/Mg	0,624	25,40	0,1585	0,0251
Mg/Cu	0,047	37,13	0,0174	0,00030	Cu/M	23,934	32,95	7,8867	62,2004
Mg/Fe	0,007	29,12	0,0019	0,000004	Fe/Mg	161,60	20,27	45,689	2087,50
Mg/M	0,002	43,52	0,0001	0,0000001	Mn/M	524,76	43,51	228,30	50617,0
Mg/Zn	0,020	20,24	0,0041	0,000017	Zn/M	51,523	19,60	10,099	102,002
S/Cu	0,027	15,97	0,0043	0,000019	Cu/S	37,807	16,36	6,1869	38,278
S/Fe	0,004	10,67	0,0004	0,0000002	Fe/S	258,15	10,98	28,335	802,913
S/Mn	0,002	31,13	0,0004	0,0000002	Mn/S	842,10	39,82	335,35	112461,
S/Zn	0,012	13,71	0,0016	0,000003	Zn/S	84,429	17,73	14,967	224,021
Cu/Fe	0,147	15,66	0,0230	0,00053	Fe/Cu	6,936	13,57	0,9413	0,886
Cu/Mn	0,049	26,30	0,0128	0,00016	Mn/C	22,182	33,70	7,4741	55,862
Cu/Zn	0,460	23,29	0,1072	0,0115	Zn/Cu	2,305	28,51	0,6570	0,4316
Fe/Mn	0,335	26,36	0,0882	0,0078	Mn/Fe	3,204	29,32	0,9396	0,8828
Fe/Zn	3,131	18,85	0,5902	0,3483	Zn/Fe	0,331	21,64	0,0717	0,0051
Mn/Zn	10,222	45,78	4,6795	21,897	Zn/M	0,111	31,50	0,0350	0,0012

3.2.4 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) e de Jones (1981).

3.2.4.1 Método de Beaufils (1973):

As funções das relações binárias [f(A/B)] são calculadas com base no coeficiente de variação amostral, conforme ilustrado a seguir:

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 $A/B > a/b$;

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

Sendo:

$f(A/B)$ = função da relação entre os nutrientes A e B da amostra a ser diagnosticada;

A/B = valor da relação entre os nutrientes A e B, para amostra a ser diagnosticada;

a/b = valor da média obtida para as relações A/B , oriundas da população de plantas de alta produtividade (norma de referência);

CV = coeficiente de variação amostral dos valores da relação A/B na população de referência

3.2.4.2 Método de Jones (1981):

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

$f(A/B)$ = função da relação entre os nutrientes A e B da amostra a ser diagnosticada;

A/B = valor da relação entre os nutrientes A e B, para amostra a ser diagnosticada;

a/b = valor da média obtida para as relações A/B , oriundas da população de plantas de alta produtividade (norma de referência);

C = constante de sensibilidade (10);

S = desvio-padrão dos valores da relação A/B na população de referência

3.2.5 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 binária definida pelo critério de escolha da norma.

3.2.6 Cálculo do índice de balanço nutricional (IBN)

O índice de balanço nutricional (IBN) foi calculado pela soma do valor em módulo (valor absoluto) dos índices gerados na amostra. É um indicativo do 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.

3.2.7 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 8. 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 IA é o índice de menor valor	Positiva, com alta probabilidade (p)
I DRIS A < 0; I DRIS A > IBNm	Positiva, com baixa probabilidade (pz)
I DRIS A ≤ IBNm	Nula (z)
I DRIS A > 0; I DRIS A > IBNm	Negativa, com baixa probabilidade (nz)
I DRIS A > 0; I DRIS A > IBNm e IA é o índice de maior valor	Positiva, 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.

3.2.8 Estatística

Para as combinações entre as metodologias de determinação das normas DRIS e funções de cálculo dos índices DRIS considerou-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 fosse verdadeira a hipótese considerada, as frequências observadas para todos os nutrientes com potencial de resposta positiva à 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:

$$FE (\%) = [(n^\circ \text{ total talhões avaliados} / n^\circ \text{ nutrientes avaliados}) / n^\circ \text{ total talhões avaliados}] \times 100$$

$$FO (\%) = (n^\circ \text{ de talhões em que o nutriente foi positivo} / n^\circ \text{ nutrientes avaliados}) \times 100$$

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k (FO_i - FE_i)^2 / FE_i$$

As análises estatísticas foram realizadas com o uso do BIO ESTAT 5.0, e os demais cálculos do DRIS foram realizados com o uso da planilha do EXCEL® (2010) (MICROSOFT CORPORATION, 2010).

3.3 Resultados e discussão

A interpretação dos índices DRIS gerados pelas diferentes combinações de métodos foi realizada pelo critério estabelecido por Wadt (1996) como potência de resposta à adubação (PRA). Esse critério de interpretação consiste na comparação dos valores do índice DRIS de cada nutriente com o valor do IBN médio. Assim, os valores de índice DRIS de um determinado nutriente que estejam acima do IBNm, são considerados com resposta negativa a adubação (nz

e n) com o referido nutriente e valores abaixo do IBNm são considerados com resposta positiva à adubação (pz ou p).

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 9). Assim, foi rejeitada a hipótese de que as frequências observadas, com o nutriente sendo o mais limitante (p e pz), eram iguais, para todos os nutrientes, e foi aceita a hipótese de que as combinações de métodos foram capazes de diagnosticar diferenças de probabilidade de resposta positiva à adubação (Tabela 9).

Tabela 9. 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 (p e pz), com alta probabilidade (p).

Critérios para definição das Normas DRIS (Método de Jones, 1981)									
Nutriente	Valor R			Valor F			Todas relações		
	FO			FO			FO		
	P	pz	χ^2	p	pz	χ^2	p	pz	χ^2
N	11,76	15,69	65,73**	9,80	7,84	79,95**	7,84	11,76	76,95**
P	9,80	1,96	26,82**	9,80	1,96	29,10**	9,80	3,92	22,95**
K	0,00	1,96	44,00**	3,92	3,92	31,05**	0,00	0,00	58,49**
Ca	11,76	9,80	46,88**	11,76	11,76	56,27**	9,80	7,84	58,77**
Mg	7,84	0,00	77,05**	11,76	3,92	61,10**	9,80	1,96	77,16**
S	5,88	11,76	74,17**	3,92	5,88	103,23**	0,00	5,88	115,84**
Cu	13,73	11,76	14,4**	5,88	15,69	23,92**	3,92	15,69	27,14**
Fe	25,49	13,73	3,66 ^{NS}	9,80	19,61	7,84 ^{NS}	13,73	25,49	9,71 ^{NS}
Mn	33,33	19,61	16,47**	37,25	13,73	29,87**	43,14	17,65	25,92**
Zn	5,88	7,84	45,13**	3,92	7,84	54,13**	1,96	9,80	49,92**

----- FE = 20,00 -----

FO e FE correspondem às frequências observada e esperada, respectivamente (%).

** : $p < 0,0001$.

3.3.1 Critério para o cálculo dos índices DRIS: Jones (1981).

Independente do critério utilizado para a determinação das normas e cálculo das funções DRIS, a porcentagem de pimentais com a nutrição equilibrada, em relação a cada nutriente individual, foi alta. Pode se observar, na Figura 7, que o enxofre foi o elemento que representou a maior quantidade de pimentais considerados equilibrados nutricionalmente, chegando ao máximo de 94,20%, quando foram utilizadas todas as relações duais e 90,20% dos pimentais, para o critério valor F, caindo para a segunda posição (78,43%), com o uso do critério valor R de definição de escolha das Normas, para o método preconizado por Jones (1981). Com esse

critério (valor R), o nutriente que mostrou maior equilíbrio nutricional, foi o magnésio com uma proporção de 80,39% dos pimentais amostrados. Entre os micronutrientes, o zinco foi o que apresentou maior porcentagem de pimentais com equilíbrio nutricional, sendo de 68,63%, para as Normas definidas pelo critério do valor F e 66,67%, para os critérios do valor R e do uso de todas as relações duais (Figura 7).

Deve-se ressaltar que os nutrientes que apresentaram as menores porcentagens de pimentais, com equilíbrio nutricional adequado, foram o ferro e o manganês, respectivamente com 17,65% e 31,37%, para as Normas definidas pelo critério do valor R, e 25,49% e 37,25%, para os critérios do valor F e do uso de todas as relações duais (Figura 7). Esse fato é preocupante, principalmente no caso do manganês, que é um nutriente de extrema importância para a cultura da pimenteira-do-reino.

O manganês foi o nutriente que apresentou maior potencial de resposta à adubação, positivo e com alta probabilidade (p), não havendo diferença entre as Normas definidas pelos critérios do valor R e do valor F, os quais diagnosticaram percentuais respectivamente, de 52,94% e 50,94%. Já o critério do uso de todas as relações para compor as Normas foi o que diagnosticou o maior número de talhões com potencial de resposta positiva e com alta probabilidade (60,79%) à adubação com manganês (Figura 7).

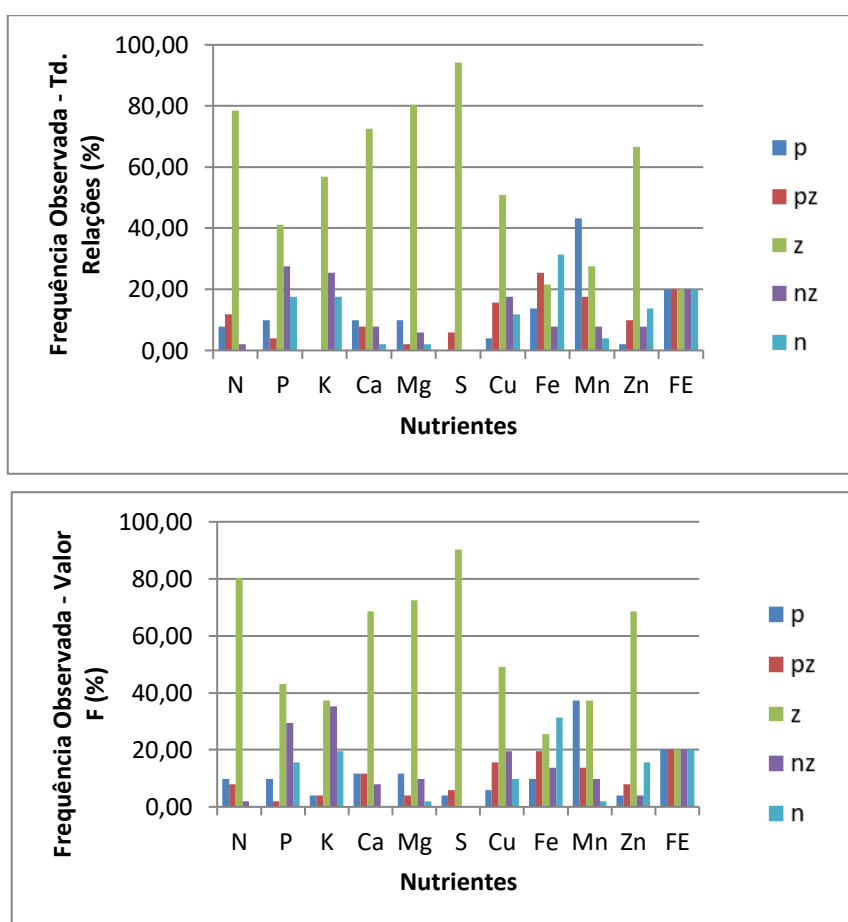
Com relação à ausência de resposta à adubação, os nutrientes potássio e fósforo foram os que apresentaram as maiores frequências como não responsivos à adubação (nz e n), sendo que o critério do valor R detectou que 64,70% dos pimentais apresentavam excesso de potássio e 47,06% excesso de fósforo, o que também, foi mostrado pelo critério do valor F, embora com menores valores percentuais (54,90% para K 45,10% para P). Quando foi utilizado o critério de todas as relações para compor as Normas, houve uma inversão passando o fósforo a ser o nutriente com menor potencial de resposta à adubação, em 45,10% dos pimentais avaliados, seguido pelo fósforo, com uma frequência de 43,14% (Figura 7).

Esses resultados permitem observar que, ao se utilizarem diferentes critérios para definição das relações duais que vão compor as Normas para cálculo das funções DRIS, pelo método de Jones (1981) ocorrem variações nas frequências obtidas e, como consequência, há uma mudança do diagnóstico no PRA, sendo que a amplitude dessa diferença varia conforme o nutriente (Figura 7).

Assim, com a utilização de diferentes sistemas de cálculo das funções DRIS, são gerados índices diferentes que, quando interpretados com o mesmo sistema, mostram diferenças no potencial de resposta à adubação para cada elemento (Figura 7 e Tabela 9). Silva et al. (2009) observaram o mesmo comportamento, quando utilizaram os critérios 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 apresentava alterações, conforme o método utilizado.

Como Silva et al. (2005) observaram, é possível verificar que há uma discordância entre os métodos de cálculo das funções DRIS e das normas DRIS apresentando, com isso, uma discrepância 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 9).



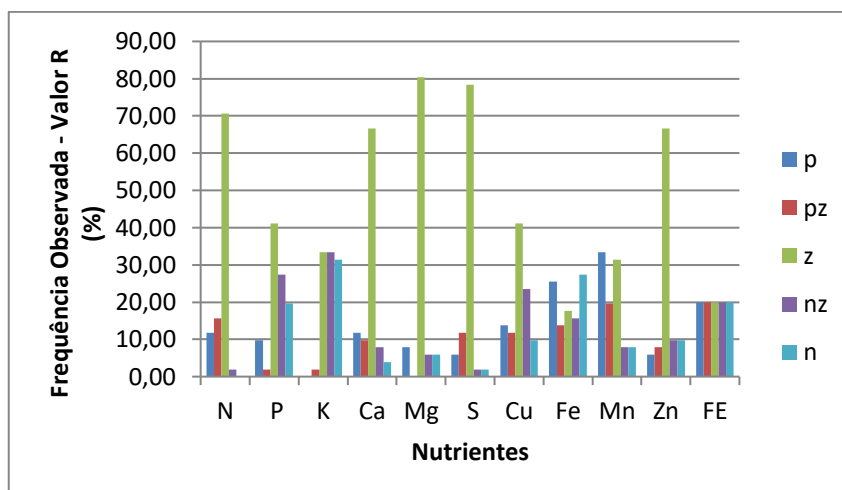


Figura 7. Porcentagem de talhões diagnosticados com o método de interpretação dos índices DRIS, na população de baixa produtividade, denominado de potencial de resposta a adubação (PRA) (WADT, 1996): (n) Resposta negativa, com alta probabilidade; (nz) Negativa, com baixa probabilidade; (z) Nula; (pz) 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.

3.4 Conclusão

1. Todas as combinações de métodos testadas foram apropriadas para diagnosticar o estado nutricional da pimenteira-do-reino.
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.

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.; 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. **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.
- FRAZÃO, D. A. C.; HOMMA, A. K. O.; ISHISUKA, Y.; MENEZES, A. J. E. A. de, MATOS, G. B. de; ROCHA, A. C. P. N. da. **Indicadores Tecnológicos, econômicos e sociais em comunidades de pequenos agricultores de Tomé Açu, PA**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 78p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 229).
- 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. e OLIVEIRA, S. A., eds. Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba, Potafos, 1997. p.115-230.
- MICROSOFT CORPORATION: **Excel Software**. Microsoft Corp., Redmond, WA. 2010.
- MOURÃO FILHO, F. de A. A.; AZEVEDO, J. C. **DRIS norms for 'Valencia' sweet orange on three rootstocks**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 38, n. 1, p. 85-93, jan. 2003.
- NICK, J. A. **DRIS para cafeeiros podados**. Piracicaba: USP/ESALQ, 1998. 86p. (Dissertação - Mestrado).

OLIVEIRA, R. F. de; BOTELHO, S. M. Adubação. In: Embrapa Amazônia Oriental. **Cultivo da pimenteira-do-reino na Região Norte**. 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 19 mar. 2013.

OLIVEIRA, R. F. de; CRUZ, E. de S.; BASTOS, J. B.; ALBUQUERQUE, F. C. de; MURAOKA, T.; SASAKI, G. K. **Aplicação do DRIS para determinação do estado nutricional de pimenta-do-reino em Tomé-Açu, PA**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1996, Belém. Anais. Belém: EMBRAPA-CPATU/JICA, 1997. p.259-67. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 89).

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análise química de plantas**. Piracicaba: ESALQ. 1974. 56p.

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.

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.

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.

VELOSO, C. A. C.; MURAOKA, T.; MALAVOLTA, E.; CARVALHO, J. G. de. **Diagnose de deficiências de macronutrientes em pimenta-do-reino**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 1998. v. 33, n.11, p.1889-1896, nov.

WAARD, P. W. F. de. **Foliar diagnosis, nutrition and yield stability of black pepper (*Pepper nigrum* L.) in Sarawak**. Amsterdam: Royal Tropical Institute, 1969. 149p. (Communication, 58).

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.

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 database.** Communications in Soil Science and Plant Analysis, v.19, n.5, p.563-577, 1986.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo demonstrou que fazer uma correlação entre dados bibliográficos sobre métodos de diagnose nutricional, com foco nas diferentes alternativas para o cálculo das Normas e Funções DRIS, e um experimento utilizando e comparando estes métodos para avaliação do equilíbrio nutricional de diversos cultivares de pimenteira-do-reino, demonstrou-se de extrema relevância para definir a melhor combinação de métodos de diagnose nutricional para a cultura desta espécie de planta, promovendo uma melhora na especificidade da adubação, com consequente estabilização de preços destes cultivares no mercado internacional.

5. APÊNDICES

APÊNDICE 1. Produção de pimenta preta (kg planta⁻¹), Índices DRIS e Índice de Balanço Nutricional, obtidos pelo método Jones (1981), utilizando o critério de escolha da razão entre nutrientes “valor R” em 51 pimentais da região Nordeste do Pará (População não referência).

Am.	Prod. (kg/pl)	Índices DRIS										IBN
		N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	
1	2,57	-14,29	1,75	-3,32	-3,55	-3,26	-11,81	-9,45	29,20	-13,29	23,76	113,68
2	3,00	0,13	-0,02	9,00	5,46	5,04	-2,33	-0,05	-0,64	-6,03	-7,87	36,57
3	3,00	-0,8	9,54	6,95	1,23	3,33	0,11	6,03	-12,78	-10,81	-1,00	52,58
4	3,20	-8,09	2,78	-4,77	-4,25	6,90	-2,10	-8,91	34,14	-5,85	-11,94	89,73
5	2,90	4,62	-1,48	19,38	3,36	11,67	-2,00	-3,60	-9,75	-8,51	-10,60	74,97
6	2,80	2,20	-11,87	-10,51	1,06	6,01	2,46	-1,01	-14,66	5,81	12,25	67,84
7	2,88	3,69	-0,22	1,04	6,48	6,50	3,15	6,33	-3,44	-13,66	-9,01	53,52
8	3,22	-3,80	16,58	16,96	6,04	4,89	-10,65	10,84	-21,69	-14,16	-0,46	106,07
9	2,91	-0,48	3,03	10,61	2,69	-7,89	-0,81	-6,51	-5,07	3,81	0,52	41,42
10	3,43	5,76	10,74	5,95	5,34	1,54	-12,59	2,21	-5,27	-9,73	-0,10	59,23
11	3,28	-3,46	14,06	-0,44	11,08	0,80	-5,13	1,08	-7,96	-13,78	2,88	60,67
12	3,37	0,77	-4,80	14,27	-4,49	-16,27	1,86	6,33	-13,82	11,07	9,42	83,10
13	2,50	-15,92	21,94	10,98	-13,71	-22,58	-10,21	-4,82	29,67	1,45	8,38	139,66
14	3,00	-2,25	-16,11	8,33	0,37	4,43	2,88	7,54	-10,91	-7,12	11,24	71,18
15	2,44	-14,58	14,81	0,46	-4,69	0,36	-4,30	-14,37	41,36	-14,15	-5,09	114,17
16	1,68	-2,07	11,68	2,860	5,83	7,53	2,81	-33,21	10,92	-14,20	4,06	95,17
17	1,62	-5,36	4,70	6,13	2,07	3,33	-3,16	0,49	4,58	-12,61	1,65	44,08
18	1,80	-3,29	13,20	13,57	-2,79	0,16	-2,82	-15,78	11,77	-14,43	3,13	80,94
19	1,76	-4,03	20,41	12,70	-2,63	0,14	-2,88	-9,68	7,35	-19,06	1,01	79,89
20	1,54	-0,88	10,61	8,25	-8,91	1,40	-0,89	-9,60	15,45	-17,60	3,88	77,47
21	1,84	-5,44	3,68	5,95	-1,87	2,90	-8,38	-6,57	10,31	-16,23	14,80	76,13
22	2,15	-5,85	9,72	12,25	6,64	-1,94	-7,60	-1,08	20,49	-21,13	-6,19	92,89
23	1,63	3,89	17,69	12,91	11,18	5,03	-0,25	-30,80	8,39	-18,18	-8,75	117,07
24	1,67	-8,33	16,80	13,32	2,28	0,73	-4,994	-19,08	27,13	-20,71	-3,69	117,06
25	2,02	-9,85	10,28	9,84	-1,81	0,12	-5,67	-19,09	36,99	-15,74	-2,85	112,24
26	2,10	-20,20	-2,74	-10,50	-13,13	1,21	-9,45	-5,38	39,25	18,69	-0,02	120,57
27	2,36	-23,21	3,59	-4,10	-4,86	0,55	-7,83	3,38	43,93	-7,77	-2,47	101,69
28	1,60	-7,25	19,11	9,77	8,64	1,12	0,66	11,77	-25,34	-15,91	0,67	100,24
29	1,60	-9,86	9,17	6,38	3,16	0,06	-3,04	-0,01	18,94	-15,32	-5,88	71,82
30	1,40	-7,05	7,21	3,32	-3,95	-0,93	-1,85	-6,10	19,28	-12,25	3,42	65,36
31	1,40	-23,36	2,02	-0,36	-9,80	-7,08	-5,45	24,58	24,11	-9,27	10,25	116,28

32	0,95	-15,83	20,25	15,75	-6,17	-2,10	10,78	11,92	-16,29	-7,64	-3,53	110,26
33	1,34	-57,95	5,07	12,77	-41,54	-16,38	-12,82	27,56	113,19	-4,50	-12,35	304,13
34	0,93	-18,60	12,09	15,50	-21,94	-6,61	-3,56	-9,69	43,13	0,06	-4,55	135,73
35	1,29	-12,09	19,92	23,25	-22,48	-10,32	1,35	7,59	-13,02	8,42	5,75	124,19
36	2,00	2,16	-4,58	8,24	-4,34	4,73	-3,34	9,72	-9,17	7,84	-7,24	61,36
37	0,70	-0,71	-4,58	14,36	-18,44	-2,57	-7,65	8,03	8,60	4,85	3,36	73,15
38	2,00	6,62	-0,06	10,05	-11,19	-14,48	-6,58	7,99	5,26	0,94	6,46	69,63
39	2,00	9,44	3,36	26,63	-10,12	-6,36	-8,42	9,82	-10,27	-8,07	2,67	95,16
40	1,50	-5,37	10,19	26,95	-18,21	-6,11	-0,44	9,49	-12,01	-9,91	13,09	111,77
41	1,50	-0,61	8,51	20,37	-12,30	-2,77	-7,82	19,11	-11,40	-5,24	1,06	89,19
42	1,80	0,95	12,82	16,88	-8,59	-8,40	-7,38	18,61	-11,09	-4,35	-0,37	89,44
43	2,00	-4,63	-21,09	1,08	5,87	7,56	6,70	2,08	-6,78	-8,84	11,92	76,55
44	2,00	-5,13	-29,03	6,87	2,01	-1,96	-1,57	2,48	-3,85	13,76	12,11	78,77
45	2,00	-6,30	-31,09	12,24	-5,91	-3,58	-6,56	7,78	-5,17	19,96	15,46	114,05
46	1,60	-6,54	20,84	10,45	-1,29	-1,94	-10,36	14,34	-19,78	-7,50	6,13	99,17
47	1,80	-2,35	6,02	1,94	1,91	5,04	3,84	5,18	-26,62	15,99	-9,56	78,45
48	1,06	-8,88	-11,56	-6,22	-1,03	9,13	3,25	7,68	7,34	-7,94	4,96	67,99
49	2,21	2,99	-1,18	15,57	-7,71	3,13	-0,39	8,35	-4,14	-18,34	5,76	67,56
50	1,50	0,24	3,13	6,02	-4,69	3,80	-3,32	-0,48	-8,58	-5,37	9,10	44,73
51	1,80	4,17	6,61	-6,33	2,64	10,62	-2,23	-14,43	-5,49	-4,63	2,46	59,61

APÊNDICE 2. Produção de pimenta preta (kg planta⁻¹), Índices DRIS e Índice de Balanço Nutricional, obtidos pelo método Jones (1981), utilizando o critério de escolha da razão entre nutrientes “valor F” em 51 pimentais da região Nordeste do Pará (População não referência).

Am	Prod. (kg/pl)	Índices DRIS										IBN
		N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	
1	2,57	-13,48	3,37	0,96	-2,50	-2,92	-14,00	-11,33	39,84	-20,12	27,62	136,14
2	3,00	0,01	-0,24	8,47	5,57	4,79	-2,38	0,65	-0,77	-4,91	-8,68	36,47
3	3,00	0,69	10,75	5,59	1,83	4,06	0,57	7,72	-11,61	-14,20	-1,09	58,11
4	3,20	-8,26	2,79	-6,13	-4,46	8,11	-4,14	-12,84	42,46	-5,45	-11,98	106,62
5	2,90	5,10	-1,59	19,01	3,69	13,52	-2,42	-3,32	-8,30	-9,88	-11,02	77,85
6	2,80	1,73	-11,99	-8,00	0,78	6,64	1,56	-2,34	-14,08	7,13	13,25	67,50
7	2,88	5,64	0,81	1,22	8,45	7,72	4,81	10,06	-2,31	-23,36	-9,43	73,81
8	3,22	-1,78	20,10	15,44	8,26	6,17	-9,49	13,09	-17,47	-26,72	-0,16	118,68
9	2,91	0,37	7,15	11,19	2,36	-9,67	-1,16	-6,73	-4,80	-1,25	0,80	45,48
10	3,43	5,01	8,13	5,89	5,85	1,48	-12,59	1,96	-5,03	-5,60	0,03	51,57
11	3,28	-2,03	17,09	1,95	13,75	0,27	-3,89	3,34	-7,07	-23,46	4,30	77,15
12	3,37	0,55	-4,63	11,38	-4,51	-17,35	0,82	6,40	-11,60	8,85	9,42	75,51
13	2,50	-16,36	21,95	10,87	-13,95	-23,62	-13,03	-7,63	33,76	2,41	8,81	132,59
14	3,00	-2,05	-16,47	7,38	0,41	5,03	2,86	7,65	-9,97	-5,86	12,36	70,04
15	2,44	-13,06	18,11	2,58	-3,35	1,46	-5,59	-21,32	58,52	-27,43	-3,61	155,03
16	1,68	4,52	14,49	16,10	8,46	7,18	10,06	-52,73	21,82	-27,96	5,95	169,27
17	1,62	-4,44	5,88	7,26	3,20	4,06	-2,23	2,07	5,84	-18,57	2,65	56,20
18	1,80	-0,71	16,05	20,21	-1,27	1,11	-0,55	-21,13	17,51	-26,57	5,33	110,44
19	1,76	1,46	29,45	20,84	2,00	3,65	2,11	-7,29	15,22	-58,22	5,56	145,80
20	1,54	3,49	15,55	13,99	-6,43	5,10	2,87	-9,45	23,35	-43,70	7,93	131,86
21	1,84	-2,90	6,58	11,31	0,44	5,21	-7,01	-5,15	15,38	-32,66	19,52	106,16
22	2,15	3,16	19,26	23,65	17,22	0,96	-1,72	8,64	36,98	-89,19	-0,77	201,55
23	1,63	14,98	24,47	30,59	18,30	5,71	8,35	-50,51	22,21	-55,77	-5,64	236,53
24	1,67	0,81	27,92	29,24	11,06	4,78	1,41	-24,57	50,02	-84,35	2,49	236,65
25	2,02	-6,41	13,57	17,79	0,67	0,87	-5,49	-30,39	55,45	-35,27	-0,55	166,46
26	2,10	-19,45	-2,50	-11,74	-12,04	2,82	-12,41	-9,60	48,05	11,39	1,65	131,65
27	2,36	-23,02	3,87	-7,72	-4,92	0,75	-11,66	1,29	54,71	-8,67	-2,79	119,40
28	1,60	-4,31	24,64	9,57	12,27	1,71	2,24	15,34	-19,77	-35,63	1,83	127,31
29	1,60	-7,99	11,94	8,32	5,59	0,44	-1,73	2,75	24,24	-30,76	-5,24	99,00
30	1,40	-6,26	8,59	5,06	-3,29	-0,29	-1,28	-7,22	23,62	-17,75	4,84	78,2
31	1,40	-20,30	2,37	-3,89	-9,85	-8,61	-4,82	23,60	26,97	-11,28	9,94	121,63
32	0,95	-14,85	21,66	11,32	-6,32	-1,17	10,22	12,82	-13,25	-9,01	-5,31	105,93
33	1,34	-53,15	5,09	-0,18	-41,80	-17,54	-25,60	23,58	143,19	-9,93	-16,84	336,9
34	0,93	-19,08	11,89	16,00	-22,07	-5,27	-6,32	-16,50	51,05	0,79	-4,20	153,17

35	1,29	-11,62	19,61	18,25	-21,80	-8,47	0,83	6,77	-10,34	7,12	5,30	110,11
36	2,00	1,99	-4,58	4,40	-4,41	5,45	-3,24	9,96	-8,46	7,27	-8,92	58,68
37	0,70	-0,95	-4,76	11,10	-18,27	-1,47	-7,77	7,69	8,40	5,77	2,81	68,99
38	2,00	6,27	-0,41	7,35	-11,48	-16,06	-6,91	8,90	4,87	2,80	5,89	70,94
39	2,00	10,06	3,37	23,18	-10,24	-7,40	-7,78	11,47	-8,07	-9,06	2,03	92,66
40	1,50	-4,65	11,09	24,15	-18,43	-4,73	0,06	10,35	-9,10	-12,28	14,33	109,17
41	1,50	0,20	8,52	14,89	-12,63	-3,04	-6,76	19,47	-9,36	-4,53	-0,95	80,35
42	1,80	1,64	12,95	11,59	-8,90	-10,27	-6,41	19,75	-9,42	-3,62	-2,90	87,45
43	2,00	-4,41	-21,44	2,72	6,47	8,45	6,97	2,57	-6,46	-8,84	13,75	82,08
44	2,00	-5,18	-27,19	7,26	1,91	-2,53	-1,39	1,28	-3,42	10,22	12,96	73,34
45	2,00	-5,64	-28,35	11,04	-5,28	-3,25	-5,55	6,06	-3,74	12,05	16,33	97,29
46	1,60	-5,82	22,45	6,91	-1,27	-2,52	-9,73	13,39	-17,28	-8,15	5,64	93,16
47	1,80	-2,16	5,86	-0,78	2,06	5,72	2,49	5,00	-21,47	10,41	-10,31	66,26
48	1,06	-8,56	-11,82	-6,82	-1,03	11,49	3,40	7,66	7,47	-7,30	5,62	71,17
49	2,21	8,35	2,15	19,04	-4,56	7,47	4,10	15,69	0,84	-49,25	10,48	121,93
50	1,50	0,02	3,08	5,65	-4,96	4,93	-3,57	-0,85	-8,56	-2,90	9,99	44,51
51	1,80	4,86	6,74	-2,90	2,51	11,46	-2,35	-16,77	-5,47	-2,54	3,51	59,11

APÊNDICE 3. Produção de pimenta preta (kg planta⁻¹), Índices DRIS e Índice de Balanço Nutricional, obtidos pelo método Jones (1981), utilizando o critério de escolha da razão entre nutrientes “todas as relações duais diretas e inversas” em 51 pimentais da região Nordeste do Pará (População não referência).

Am.	Prod. kg/pl	Índices DRIS										IBN
		N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	
1	2,57	-12,41	3,79	-0,75	-2,40	-2,68	-13,42	-10,30	31,61	-20,87	25,83	124,06
2	3,00	-0,01	-0,83	7,12	5,08	4,31	-2,12	0,35	-0,40	-5,74	-8,07	34,03
3	3,00	0,58	11,21	5,21	1,25	3,08	0,55	6,74	-12,32	-13,97	-3,54	58,45
4	3,20	-6,83	4,42	-4,73	-4,01	7,34	-3,16	-10,82	34,07	-5,89	-12,11	93,38
5	2,90	5,09	-3,41	15,37	2,80	13,31	-1,75	-3,42	-9,21	-9,90	-9,66	73,92
6	2,80	2,61	-11,06	-6,55	0,46	6,25	1,91	-1,60	-15,19	6,75	17,27	69,65
7	2,88	4,50	0,14	1,50	6,96	6,62	3,76	8,29	-2,64	-20,53	-8,44	63,38
8	3,22	-1,79	21,00	12,43	7,63	5,37	-9,92	11,86	-21,25	-22,97	-4,83	119,05
9	2,91	1,57	11,10	8,03	4,30	-8,18	-4,30	-5,62	-6,39	1,76	-2,38	53,63
10	3,43	4,27	4,79	6,34	4,22	1,13	-9,35	1,23	-3,52	-8,68	-1,16	44,69
11	3,28	-2,64	17,72	1,21	13,14	0,32	-4,66	2,27	-7,72	-21,21	-0,09	70,98
12	3,37	0,79	-6,12	9,61	-3,79	-14,93	1,63	6,46	-12,68	11,03	9,03	76,07
13	2,50	-13,74	20,54	6,31	-11,33	-18,53	-11,45	-6,05	27,49	2,22	2,05	119,71
14	3,00	-1,49	-17,02	6,40	0,34	4,48	2,57	8,11	-10,64	-7,92	15,95	74,92
15	2,44	-10,5	17,95	0,98	-2,59	0,92	-4,99	-17,29	44,05	-23,25	-7,65	130,17
16	1,68	1,58	11,72	10,24	8,35	6,57	6,72	-42,83	16,54	-24,36	3,18	132,09
17	1,62	-4,65	5,32	5,44	2,38	2,90	-2,27	1,25	5,53	-17,70	0,61	48,05
18	1,80	-1,36	14,05	14,01	-1,63	0,21	-1,09	-18,06	14,41	-23,43	1,02	89,27
19	1,76	-0,58	25,76	13,98	-0,04	1,69	-0,25	-7,96	11,19	-44,26	-1,94	107,65
20	1,54	1,54	13,06	9,79	-7,00	2,59	1,24	-9,33	18,68	-35,45	3,50	102,18
21	1,84	-3,76	5,22	7,67	-0,83	3,37	-7,36	-5,83	12,80	-29,35	16,67	92,86
22	2,15	-0,76	14,84	14,86	12,00	-0,30	-4,23	3,78	27,29	-62,62	-5,59	146,27
23	1,63	9,18	20,25	20,21	16,09	5,13	4,19	-40,70	15,33	-41,63	-9,51	182,22
24	1,67	-2,11	22,38	18,06	7,47	2,75	-1,35	-21,33	36,14	-59,93	-4,15	175,67
25	2,02	-5,85	11,90	11,37	0,75	0,45	-5,00	-24,44	41,55	-28,81	-3,72	133,84
26	2,10	-16,94	-0,99	-10,55	-11,20	1,63	-10,73	-7,57	37,56	16,72	0,51	114,40
27	2,36	-19,37	5,44	-6,71	-3,40	0,43	-9,57	2,20	42,31	-9,01	-4,18	102,62
28	1,60	-4,72	25,40	7,45	11,28	1,55	1,25	13,51	-25,05	-29,18	-4,13	123,52
29	1,60	-8,09	11,34	5,38	4,35	-0,09	-2,23	1,36	20,29	-25,70	-8,04	86,87
30	1,40	-5,81	8,18	3,50	-3,28	-1,09	-1,27	-6,61	20,25	-17,11	1,95	69,05
31	1,40	-19,81	2,18	-4,91	-7,85	-7,59	-5,05	23,36	22,58	-11,85	7,91	113,09
32	0,95	-13,56	23,02	8,23	-5,63	-1,65	9,32	11,83	-15,19	-8,93	-10,71	108,07
33	1,34	-40,22	7,15	-2,40	-28,79	-13,33	-19,17	23,38	93,48	-7,38	-14,96	250,26

34	0,93	-15,19	11,75	9,51	-18,12	-5,48	-4,76	-13,00	39,35	0,81	-7,65	125,62
35	1,29	-10,64	19,18	13,09	-19,32	-8,82	0,88	6,29	-12,03	8,76	-0,37	99,38
36	2,00	2,08	-5,88	4,43	-4,55	4,62	-3,14	9,86	-8,61	8,73	-7,18	59,08
37	0,70	-0,94	-5,73	8,55	-16,41	-2,63	-7,18	7,39	7,73	6,00	3,48	66,04
38	2,00	5,80	-1,46	6,60	-9,86	-13,63	-6,33	8,20	4,68	2,11	5,36	64,03
39	2,00	9,84	1,62	18,80	-8,63	-6,63	-7,10	10,35	-9,12	-9,53	1,51	83,12
40	1,50	-4,42	9,44	18,01	-16,17	-5,34	0,31	9,06	-10,65	-13,05	11,06	97,51
41	1,50	-0,11	7,90	12,09	-10,87	-3,35	-6,59	18,41	-10,16	-5,24	-2,61	77,33
42	1,80	1,20	12,91	9,74	-7,42	-8,80	-6,45	18,42	-10,16	-4,13	-5,50	84,73
43	2,00	-4,06	-21,36	2,08	6,38	8,28	5,98	2,90	-6,99	-10,83	18,35	87,21
44	2,00	-4,24	-27,99	5,25	2,77	-2,07	-2,17	2,83	-4,11	13,04	18,34	82,81
45	2,00	-5,01	-29,32	7,81	-4,99	-3,11	-6,53	7,98	-5,07	17,40	22,44	109,66
46	1,60	-5,04	24,82	5,74	-0,54	-2,06	-10,39	13,52	-19,92	-8,80	0,10	90,33
47	1,80	-1,75	7,72	0,04	1,56	5,30	3,00	4,99	-25,37	14,93	-11,83	76,49
48	1,06	-8,47	-11,72	-6,14	-1,58	10,61	3,05	7,83	7,14	-8,91	7,91	73,36
49	2,21	5,76	-0,59	14,23	-5,74	4,56	2,24	11,79	-1,39	-39,43	8,65	94,38
50	1,50	0,28	3,17	5,18	-5,25	3,66	-3,07	-0,77	-8,48	-5,01	9,26	44,13
51	1,80	4,69	7,76	-2,14	2,01	10,92	-2,10	-15,39	-5,56	-4,19	2,36	57,12

APÊNDICE 4. Produção de pimenta preta (kg planta⁻¹), Índices DRIS e Índice de Balanço Nutricional, obtidos pelo método Beaufils (1973), utilizando o critério de escolha da razão entre nutrientes “todas as relações duais diretas e inversas” em 51 pimentais da região Nordeste do Pará (População não referência).

Am.	Prod. kg/ pl	Índices DRIS										IBN
		N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	
1	2,57	-11,35	4,95	-1,12	-1,70	-0,06	-11,07	-8,09	19,26	-11,77	21,37	90,74
2	3,00	-2,60	0,33	3,64	3,24	4,37	-3,08	-2,27	-1,65	-1,07	-0,82	23,07
3	3,00	-2,65	9,27	2,35	0,68	3,98	-1,37	1,50	-8,93	-6,54	2,13	39,40
4	3,20	-7,26	5,00	-4,61	-2,95	7,28	-3,77	-9,32	20,44	-1,34	-3,04	65,01
5	2,90	-0,08	-1,87	9,11	1,35	11,51	-2,70	-4,83	-6,92	-3,95	-1,82	44,14
6	2,80	-2,04	-5,51	-6,32	-0,50	6,30	-0,89	-3,96	-11,35	8,57	16,58	62,02
7	2,88	-0,18	1,61	-0,34	4,98	6,45	0,57	2,03	-2,80	-11,36	-0,40	30,72
8	3,22	-4,10	16,73	7,99	5,13	5,43	-8,07	4,51	-15,42	-13,56	1,77	82,71
9	2,91	-2,14	3,48	4,41	3,18	-4,71	-2,59	-6,02	-4,46	6,20	3,07	40,26
10	3,43	-0,87	11,18	2,62	2,87	2,21	-9,39	-2,10	-4,45	-4,41	1,86	41,96
11	3,28	-4,65	14,73	-0,24	8,78	1,76	-4,86	-1,21	-6,29	-11,86	4,26	58,64
12	3,37	-2,12	-3,42	5,40	-1,99	-9,78	-0,79	1,65	-9,24	11,56	8,64	54,59
13	2,50	-11,91	16,46	4,88	-7,15	-12,00	-9,22	-6,44	16,23	4,75	4,82	93,86
14	3,00	-4,01	-10,56	3,07	-0,10	4,93	-0,33	2,76	-7,94	-2,28	14,52	50,50
15	2,44	-10,15	15,09	0,12	-1,62	2,82	-5,15	-13,93	28,42	-14,00	-1,17	92,47
16	1,68	-0,99	10,81	7,77	6,55	8,03	3,29	-35,31	9,57	-14,85	5,56	102,73
17	1,62	-5,57	5,18	3,08	1,47	3,79	-2,95	-1,82	2,06	-9,23	4,29	39,44
18	1,80	-3,45	11,15	9,77	-1,06	2,29	-2,05	-14,65	7,64	-13,82	4,45	70,33
19	1,76	-2,84	20,86	9,73	0,21	3,95	-1,33	-7,79	6,26	-31,33	2,68	84,14
20	1,54	-1,75	11,09	6,38	-4,53	4,69	-0,51	-8,32	10,73	-23,65	6,34	77,99
21	1,84	-5,05	5,45	4,82	-0,49	4,49	-6,38	-5,29	6,80	-18,42	14,35	71,54
22	2,15	-2,01	12,29	10,64	9,41	1,86	-3,71	-0,73	17,77	-47,51	2,19	108,12
23	1,63	5,11	16,69	15,04	12,16	6,03	1,55	-33,19	9,81	-29,44	-3,48	132,50
24	1,67	-3,54	18,50	13,75	6,44	4,79	-1,83	-16,79	23,93	-45,55	0,70	135,82
25	2,02	-6,51	9,92	8,21	1,20	2,33	-4,87	-18,98	26,60	-18,43	0,78	97,83
26	2,10	-12,58	1,66	-9,03	-8,45	3,05	-9,37	-8,35	23,32	15,58	4,90	96,29
27	2,36	-15,62	6,15	-5,57	-2,19	2,01	-8,25	-1,13	26,96	-3,44	1,84	73,16
28	1,60	-6,03	21,27	4,55	7,91	2,87	-1,04	5,48	-18,26	-18,43	2,59	88,43
29	1,60	-7,64	9,39	3,39	3,19	1,52	-2,90	-1,94	11,50	-15,55	-0,50	57,52
30	1,40	-6,45	7,36	1,91	-2,11	1,24	-2,31	-6,36	11,10	-8,85	4,97	52,66
31	1,40	-15,69	3,76	-3,76	-4,82	-3,67	-5,00	11,95	13,01	-5,11	9,92	76,69
32	0,95	-11,44	18,60	5,66	-4,06	0,98	3,75	4,57	-11,47	-3,30	-2,51	66,34
33	1,34	-33,46	6,56	-1,97	-20,64	-8,52	-16,50	12,71	71,06	-2,55	-6,26	180,23

34	0,93	-12,93	9,35	7,58	-12,62	-1,71	-4,72	-11,26	24,43	3,56	-1,44	89,60
35	1,29	-9,36	15,09	9,69	-14,85	-4,02	-0,53	1,45	-9,41	9,45	2,94	76,79
36	2,00	-1,63	-2,97	1,85	-3,55	4,73	-3,81	3,92	-6,78	9,75	-1,23	40,22
37	0,70	-3,19	-2,89	4,88	-11,04	-0,01	-6,12	2,17	3,07	7,55	5,48	46,40
38	2,00	0,72	0,08	3,27	-5,71	-8,30	-5,36	2,83	1,52	4,81	6,45	39,05
39	2,00	3,86	1,63	11,52	-5,24	-3,15	-6,69	3,74	-6,82	-3,45	4,36	50,46
40	1,50	-5,89	7,25	12,43	-11,31	-1,32	-1,45	3,25	-8,16	-5,90	10,99	67,95
41	1,50	-3,17	6,28	7,23	-7,13	-0,53	-5,65	8,85	-7,81	-0,70	2,71	50,06
42	1,80	-2,73	9,93	5,62	-4,36	-4,84	-5,64	8,92	-7,76	0,32	0,89	51,01
43	2,00	-4,84	-13,58	0,10	3,88	8,00	1,02	-0,58	-5,80	-4,31	16,38	58,49
44	2,00	-4,98	-19,71	2,59	1,81	-0,61	-3,52	-1,19	-4,24	13,22	16,61	68,48
45	2,00	-5,27	-19,67	5,10	-3,72	-1,16	-8,57	1,96	-5,00	16,10	19,91	86,46
46	1,60	-6,18	20,22	3,06	-0,39	0,18	-8,97	5,91	-14,66	-3,13	4,38	67,08
47	1,80	-1,89	6,91	-1,60	0,26	5,43	-0,79	0,16	-20,06	16,20	-4,19	57,49
48	1,06	-6,55	-4,98	-5,20	-1,89	9,91	-0,79	2,15	1,26	-3,20	9,76	45,69
49	2,21	1,02	1,42	8,84	-3,64	5,90	-0,19	4,54	-1,55	-26,73	10,35	64,18
50	1,50	-3,00	3,92	2,17	-3,80	4,66	-3,74	-2,78	-6,56	-0,65	9,92	41,20
51	1,80	-0,17	7,63	-2,68	0,45	9,95	-3,02	-12,86	-5,00	-0,12	6,25	48,13
