

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
TROPICAL

The seal of the Universidade Federal do Amazonas is a circular emblem. It features a central map of the state of Amazonas, with a five-pointed star in the upper right corner. The map is surrounded by a laurel wreath. Above the wreath are three smaller five-pointed stars. The text "UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS" is written in a circular path around the top, and "IN UNIVERSA SCIENTIA VERITAS" is written around the bottom. Two small solid circles are positioned on the left and right sides of the seal.

DRIS PARA AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE LARANJEIRA
PERA NO AMAZONAS

JAIRO RAFAEL MACHADO DIAS

MANAUS
2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
TROPICAL

JAIRO RAFAEL MACHADO DIAS

DRIS PARA AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE LARANJEIRA
PERA NO AMAZONAS

Tese apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Agronomia Tropical da
Universidade Federal do Amazonas, como
parte do requisito para obtenção do título
de Doutor em Agronomia Tropical, área
de concentração em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Franco Tucci
Co-orientador: Prof. Dr. Paulo Guilherme Salvador Wadt

MANAUS
2013

Ficha Catalográfica
(Catalogação realizada pela Biblioteca Central da UFAM)

D541d	<p>Dias, Jairo Rafael Machado</p> <p>DRIS para avaliação nutricional de laranjeira Pera no Amazonas / Jairo Rafael Machado Dias. – Manaus: UFAM, 2013. 101 f.; il.</p> <p>Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) – Universidade Federal do Amazonas, 2013. Orientador: Dr. Carlos Alberto Franco Tucci Co-orientador: Dr. Paulo Guilherme Salvador Wadt</p> <p>1. Citricultura 2. <i>Citrus limonia</i> 3. <i>Citrus sinensis</i> 4. Pomares cítricos – Manejo nutricional I. Tucci, Carlos Alberto Franco (Orient.) II. Wadt, Paulo Guilherme Salvador (Co-orient.) Universidade Federal do Amazonas III. Título</p> <p style="text-align: right;">CDU 634.3(811.3)(043.2)</p>
-------	---

JAIRO RAFAEL MACHADO DIAS

DRIS PARA AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE LARANJEIRA
PERA NO AMAZONAS

Tese apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Agronomia Tropical da
Universidade Federal do Amazonas, como
parte do requisito para obtenção do título
de Doutor em Agronomia Tropical, área
de concentração em Produção Vegetal.

Aprovado em: 15/03/2013

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos Alberto Franco Tucci, Presidente
Universidade Federal do Amazonas

Prof. Dr. Bruno Fernando Faria Pereira, Membro
Universidade Federal do Amazonas

Prof. Dr. Fábio Luiz Partelli, Membro
Universidade Federal do Espírito Santo, Membro

Prof. Dr. José Ferreira da Silva, Membro
Universidade Federal do Amazonas

Prof. Dr. José Zilton Lopes Santos, Membro
Universidade Federal do Amazonas

A minha filha e esposa
pelas horas de apoio, dedicação e paciência
Dedico.

AGRADECIMENTOS

Fim de mais uma etapa vencida. Dedicção, determinaçção, dias e noites a fio. Hoje, sensaçção de um dever cumprido, realizaçção de um objetivo. Trabalho realizado, produto final: Tese de Doutorado.

Fatigado, cansado pela intensa dedicaçção, com risco de esquecer alguém, peço minhas desculpas, mas mesmo correndo esse risco, gostaria de agradecer:

A DEUS, pela vida e por tudo;

A minha família, pelo apoio, estímulo e muita paciência;

À Universidade Federal do Amazonas pela oportunidade e realizaçção do Curso de Pós-graduaçção em Agronomia Tropical;

Aos Drs. Carlos Alberto Franco Tucci e Paulo Guilherme Salvador Wadt meus sinceros agradecimentos pela excelente e valiosa orientaçção, confiançça, estímulo, fidalguia e dedicaçção;

Ao professores Drs. José Ferreira da Siva e José Zilton Lopes Santos pelo estímulo, colaboraçção e intensa humildade como profissional;

A minha amada e querida esposa, professora Juliana Aparecida Parcio pelo estímulo, paciência e contribuiçção como revisora de Língua Portuguesa.

Ao Projeto PI-Citros/FAPEAM pela ajuda financeira;

A Embrapa Solos, especialmente o pesquisador Dr. Daniel Vidal Pezes pela contribuiçção nas análises laboratoriais;

Aos meus professores da Pós-graduaçção pelos inestimáveis ensinamentos, incentivo e dedicaçção ao ensino e pesquisa;

Aos meus amigos Silvio Vieira da Silva e Aldilane Mendonça da Silva pelo apoio nas atividades de campo.

E, em especial ao meu amigo Gerlandio Suassuna Gonçalves pela gentileza em hospedar-me durante o ano de 2011 nas minhas idas e vindas da rota Rolim de Moura/RO – Manaus/AM para cursar as disciplinas obrigatórias junto a Pós-Graduaçção.

“O senhor é meu pastor
e nada me faltará”

Bíblia Sagrada – Salmos (23:1)

RESUMO

O cultivo da laranja Pera caracteriza-se por ser uma atividade de grande importância econômica e social no Amazonas, bem como no Brasil, porém carece de informações relacionadas aos padrões nutricionais para o Estado. Neste sentido, objetivou-se com o presente estudo estabelecer faixa de suficiência (FS), nível crítico (NC) e normas por meio da Diagnose da Composição Nutricional (CND) para avaliação nutricional da laranja Pera em diferentes fases fenológicas. Foram monitoradas 120 glebas de laranjeiras Pera enxertadas em limoeiro cravo em fase de produção, amostradas na região produtora de citros no Amazonas, nos municípios de Iranduba, Manacapuru, Manaus, Presidente Figueiredo e Rio Preto da Eva nos anos agrícolas de 2010/2011 e 2011/2012. As FS, NC e normas CND para laranjeiras com frutos de seis meses de idade foram estabelecidas a partir do conjunto das glebas, enquanto que as normas CND para laranja na fase de florescimento pleno e com frutos de três e seis meses de idade foram obtidas a partir de pomares com produtividade superior a 25 toneladas ha⁻¹ na safra principal (junho de 2012). FS, NC e normas CND para nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) foram estabelecidas para laranjeiras Pera em diferentes fases fenológicas. O diagnóstico nutricional por meio de normas CND apresenta baixo grau de concordância comparativamente aos padrões nutricionais propostos pela literatura. FS e NC obtidos pelo CND discordam das FS propostas pela literatura para maioria dos nutrientes. Em quase 50% das glebas monitoradas, P, K, Ca, S, B, Cu e Fe estão abaixo dos níveis críticos propostos neste trabalho. O estado nutricional da laranja Pera foi variável com período de amostragem foliar. A concentração foliar de N, P, K e Cu foram maiores, Ca e Zn menores na floração principal. Sugere-se que a laranja Pera apresenta exigência nutricional diferente entre os três estágios fenológicos estudados.

Palavras chave: *Citrus limonia*, *Citrus sinensis*, diagnose foliar, DRIS, amostragem foliar.

ABSTRACT

The culture of the sweet orange is characterized by being an activity of great social and economic importance in the state of Amazonas, in Brazil as well, but lacks information related to nutritional standards for the Amazon region. In this sense, the objective was to establish sufficiency range (SR), the critical level (CL) and standards through Compositional Nutrient Diagnosis (CND) to assess nutritional status of sweet orange in different phases of development. 120 plots were monitored commercial sweet orange grafted in lemon clove, sampled in citrus-producing region in the Amazon, in the municipalities: Iranduba, Manacapuru, Manaus, Presidente Figueiredo and Rio Preto da Eva between 2010 and 2011. The FS, NC and CND norms for orange fruits with six months of age were established from the set of plots, while the standards for CND orange phase of full flowering and fruit three and six months of age were obtained from orchards with productivity exceeding 25 tonnes ha⁻¹ in the main crop (June 2012). SR, CL and CND standards for nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), sulfur (S), boron (B), copper (Cu), iron (Fe), manganese (Mn) and zinc (Zn) were established to sweet oranges in different phases of development. The diagnosis through nutritional standards CND has a low level of agreement compared to nutritional standards proposed by the literature. RS and CL obtained by CND disagree with the CL proposed in the literature for most nutrients. In almost 50% of the plots monitored, P, K, Ca, S, B, Cu and Fe are below critical levels proposed in this paper. The nutritional status of orange varied with foliar sampling period. The concentration of foliar N, P, K and Cu were higher, Ca and Zn in smaller flowering page. It is suggested that the sweet orange has different nutritional requirements among the three phenological stages.

Key words: *Citrus limonia*, *Citrus sinensis*, foliar diagnoses, CND, foliar sampling.

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Amplitude das faixas de suficiência para B, Cu, Fe, Mn e Zn na cultura da laranjeira proposta por dois autores e pelo uso do CND.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classes de interpretação da disponibilidade para fósforo de acordo com o teor de argila para solos do estado de Minas Gerais, Brasil.....	16
Tabela 2. Classes de fertilidade para solos cultivados com citros no estado de São Paulo, Brasil.....	16
Tabela 3. Recomendação de adubação para laranjeira em produção em função da análise de solos e folhas com expectativa de produção de 122,4 kg por planta.....	17
Tabela 4. Níveis críticos foliares para laranjeira Pera indicados para Bebedouro – SP e região central de Goiás.....	29
Tabela 5. Interpretação dos teores foliares de laranjeira em ramos frutíferos gerados na primavera, com três a sete meses de idade (terceira ou quarta folha, tomada a partir do ápice).....	30
Tabela 6. Faixas de suficiência nutricional definidas pela literatura para avaliação do estado nutricional de laranjeiras em fase de produção.....	45
Tabela 7. Mínimo (Mín.), máximo (Máx.), média, desvio padrão (DP), coeficientes de curtose (CC), simetria (CS) e variação (CV) das concentrações de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn nas 120 glebas de laranjeiras Pera monitoradas no estado do Amazonas.....	47
Tabela 8. Normas DRIS multivariadas log centradas (média, desvio padrão e coeficiente de variação) para N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn Zn e complemento da matéria seca (MS) para laranjeira Pera no estado do Amazonas.....	48
Tabela 9. Frequência em que as glebas monitoradas apresentaram estado de deficiência, equilíbrio e excesso nutricional, de acordo com a avaliação do estado nutricional de laranjeira Pera, pelo uso do DRIS de relações multivariadas e por faixas de suficiência descritas por Malavolta et al. (1994) (GPACC) e Quaggio et al. (2005) (SP).....	49
Tabela 10. Grau de concordância, em percentagem, entre os diagnósticos de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn obtidos pelo uso do DRIS de relações multivariadas e por faixas de suficiência nutricional (MALAVOLTA et al. 1994; QUAGGIO et al., 2005) em 120 glebas de laranjeiras Pera no estado do Amazonas.....	50
Tabela 11. Frequência de nutrientes com índice DRIS mais negativo (+ NE) e mais positivo (+ PO), nas 120 glebas de laranjeiras Pera monitoradas no estado do Amazonas, utilizando-se normas DRIS multivariadas na avaliação do estado nutricional.....	51
Tabela 12. Valores médios, desvio padrão (DP), mínimo (Mín.) e máximo (Máx.) das características do solo nas glebas de laranjeiras Pera monitoradas, nos municípios: Iranduba, Manacapuru, Manaus, Presidente Figueiredo e Rio Preto da Eva, estado do Amazonas.....	62

Tabela 13. Normas DRIS: média e desvio padrão das relações multivariadas log centradas para N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn para laranjeira Pera cultivada na Amazônia Central.....	65
Tabela 14. Distribuição de frequência das 120 glebas de laranjeiras Pera cultivadas na Amazônia central sob estado de insuficiência, equilíbrio e excesso nutricional a partir do DRIS de relações multivariadas para N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, frequência esperada de glebas em cada estado nutricional (FrEsp), valor calculado do teste de qui-quadrado (χ^2) e significância do teste qui-quadrado.....	66
Tabela 15. Valores mínimo, máximo, desvio padrão (DP), nível crítico (NC) e faixas de suficiência (FS) dos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn em glebas de laranjeiras Pera nutricionalmente equilibradas cultivadas na Amazônia Central pelo uso do DRIS de relações multivariadas (n= números de glebas envolvidas).....	67
Tabela 16. Frequência com que as 120 glebas de laranjeiras Pera cultivadas da Amazônia Central apresentam estado deficiente, normal e alto teor nutricional pelo uso das faixas de suficiência por dois autores e pelo uso do DRIS de relações multivariadas	69
Tabela 17. Teores foliares de laranjeira Pera com alta produtividade, amostradas nos estádios do florescimento pleno e com frutos de três meses e seis meses de idade.....	84
Tabela 18. Normas CND : média e desvio padrão (s) para as relações multivariadas log centradas dos nutrientes para laranjeira Pera em diferentes estádios fenológicos.....	85
Tabela 19. Índices CND, índice de balanço nutricional (IBN) e diagnóstico nutricional dos pomares de laranjeiras Pera de baixa produtividade com folhas amostradas nos períodos do florescimento pleno e com frutos de três e seis meses de idade, utilizando-se normas CND específicas para cada estágio fenológico.....	87
Tabela 20. Grau de concordância, em percentagem, entre os diagnósticos nos pomares de laranjeiras Pera de baixa produtividade com folhas amostradas nos períodos do florescimento pleno (FP), em laranjeiras com frutos de três (LF3) e seis meses de idade (LF6), utilizando-se normas CND específica para cada estágio fenológico.....	88
Tabela 21. Grau de concordância, em percentagem, entre os diagnósticos nos pomares de laranjeiras Pera de baixa produtividade utilizando-se normas CND específicas e não específicas para os estádios do florescimento pleno (FP), em laranjeiras com frutos de três (LF63) e seis meses de idade (LF6).....	89

SUMÁRIO

	Pág.
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Manejo da fertilidade do solo na citricultura.....	14
2.2 Manejo nutricional em pomares cítricos.....	22
2.3 Sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS).....	31
3 CAPÍTULO I – NORMAS DRIS MULTIVARIADAS PARA AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DE LARANJEIRA PERA NO AMAZONAS	
3.1 Introdução.....	41
3.2 Material e métodos.....	42
3.3 Resultados e discussão.....	46
3.4 Conclusões.....	52
REFERÊNCIAS.....	53
4 CAPÍTULO II – NÍVEIS CRÍTICOS E FAIXAS DE SUFICIÊNCIA NUTRICIONAL EM LARANJEIRA PERA NA AMAZÔNIA CENTRAL OBTIDAS PELO MÉTODO DRIS	
4.1 Introdução.....	60
4.2 Material e métodos.....	61
4.3 Resultados e discussão.....	65
4.4 Conclusões.....	73
REFERÊNCIAS.....	74
5 CAPÍTULO III – NORMAS CND EM TRÊS ESTÁDIOS FENOLÓGICOS PARA LARANJEIRA PERA NA AMAZÔNIA CENTRAL	
5.1 Introdução.....	80
5.2 Material e métodos.....	82
5.3 Resultados e discussão.....	84
5.4 Conclusões.....	90
REFERÊNCIAS.....	91
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	94
REFERÊNCIAS.....	95

1 INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o quarto maior consumidor de fertilizantes do mundo, sendo mais da metade destes importados, ao contrário do que ocorre em todas as outras potências agrícolas mundiais. O cenário atual de preços para fertilizantes é elevado devido a grande demanda nos países asiáticos e pela queda na produção brasileira de N, P e K, de 68% em 1983, para 35% em 2006, devendo atingir 14% das necessidades desses insumos em 2025 (CASARIN; STIPP, 2009). Este cenário pode inviabilizar setores da agropecuária brasileira em médio prazo.

Além disto, grandes quantidades de nutrientes aplicados via fertilizantes minerais na agricultura brasileira são perdidos por diferentes mecanismos, principalmente por meio da erosão, lixiviação, volatilização e fixação, reduzindo a eficiência no uso destes insumos (NOVAIS et al., 2007). Este problema é particularmente sério na citricultura, em especial na Amazônia brasileira, onde a utilização excessiva e/ou desbalanceada de fertilizantes eleva o valor final do produto agrícola, diminuindo-se a capacidade de competição econômica destes produtos na região comparativamente aos mesmos oriundos de outros estados brasileiros (COELHO; NASCIMENTO, 2004).

Neste sentido, a avaliação do estado nutricional de plantas é uma ferramenta fundamental para avaliar o desempenho das adubações e melhorar a eficiência do manejo da fertilidade do solo. Para interpretação da análise química foliar e avaliação do estado nutricional da laranjeira, o nível crítico (NC) e a faixa de suficiência (FS) são as técnicas preferencialmente utilizadas, tanto pela facilidade na interpretação dos resultados, quanto pela disponibilidade de padrões nutricionais (KURIHARA et al., 2005; MALAVOLTA et al., 1994; QUAGGIO et al., 2005). No entanto, a eficiência desses métodos na diagnose nutricional pode ser afetada por fatores como cultivar, luminosidade, temperatura, regime hídrico, problemas fitossanitários, entre outros, que não estão diretamente relacionados com a absorção de nutrientes pelas plantas (JARREL; BEVERLY, 1981).

De forma alternativa, o sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) (BEAUFILS, 1973) tem sido proposto por incorporar o conceito de balanço nutricional e por

tratar de forma mais adequada os efeitos atribuídos aos fatores não nutricionais (RODRÍGUEZ; RODRÍGUEZ, 2000). De forma semelhante, o DRIS de relações multivariadas, mais conhecido como CND incorpora índices nutricionais para o diagnóstico, entretanto difere do DRIS tradicional por utilizar no denominador da relação nutricional, a média geométrica da composição na amostra foliar, em vez de cada nutriente, individualmente (PARENT, 2011).

A difusão da ferramenta DRIS no diagnóstico nutricional da laranjeira baseia-se na presunção de ser eficaz no monitoramento nutricional, conseqüentemente em programas de adubação, que geralmente demandam muito tempo e alto custo na realização de ensaios de calibração para definição de valores padrões para esta cultura (CASARIN; STIPP, 2009; MALAVOLTA, 2006; QUAGGIO et al., 2005). Com o DRIS, o desenvolvimento destes padrões nutricionais (normas de referência), pode ser mais fácil para se desenvolver, por não depender da instalação de experimentos de longa duração, podendo ser obtido diretamente de pomares comerciais (DIAS et al., 2010a; 2011; SANTOS et al., 2004; TEIXEIRA et al., 2002; 2007; WADT et al., 1998; 2007).

Ainda com relação à aplicabilidade do método DRIS na citricultura, diversos trabalhos estabelecendo normas (MOURÃO FILHO et al., 2002; MOURÃO FILHO; AZEVEDO, 2003; SANTANA et al., 2008) ou faixas de suficiência e nível crítico (CAMACHO et al., 2012) tem sido descritos na literatura, entretanto as regiões sudeste e centro-oeste do Brasil. Enquanto na Amazônia central, apesar da laranjeira Pera ser bem adaptada ao bioma, informações sobre seu estado nutricional e a demanda de nutrientes são incipientes, além disto, ainda não foram definidos padrões nutricionais para esta espécie na região (COELHO; NASCIMENTO, 2004). Neste sentido, a possibilidade de se obter padrões nutricionais para laranjeiras Pera cultivadas na Amazônia central é particularmente importante, pois permite inserir a análise de foliar como ferramenta decisiva no manejo da adubação e da fertilidade do solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O Brasil é líder mundial na produção de laranja, com participação superior a 80% no comércio internacional de suco concentrado congelado. Os valores da exportação deste produto, junto com outros derivados, têm gerado mais de 1,8 bilhões de dólares para o setor citrícola brasileiro, gerando entre empregos diretos e indiretos, um contingente de 230 mil posições e, uma massa salarial anual de R\$ 676 milhões (NEVES et al., 2010).

Aproximadamente, 80% da produção de laranja do País concentra-se em pomares paulistas, em 668 mil hectares, destacando-se como os mais produtivos do mundo (NEVES et al., 2010). Em contra partida no Amazonas, a produtividade ainda é baixa, em torno de 11 t ha⁻¹, se comparado a São Paulo (26 t ha⁻¹), maior produtor nacional (IBGE, 2011). Um dos fatores pode estar relacionado ao manejo inadequado das adubações, sendo agravado pela ausência ou insuficiências de práticas conservacionistas para manejo adequado do solo (COELHO; NASCIMENTO, 2004).

Para manter-se como referência mundial na produção de citros, o Brasil precisa elevar o nível tecnológico da cadeia produtiva em outros Estados da federação, que requer, entre outros fatores, o manejo nutricional adequado dos pomares, estabelecido com base em informações que correlacionam o desenvolvimento da planta e a produção de frutos com o teor de nutrientes nas folhas e a disponibilidade destes elementos no solo, mais o suprimento pela adubação (QUAGGIO et al., 2005).

Neste sentido, para se obter elevada produtividade na citricultura torna-se indispensável à adoção de um bom programa de adubação. Entretanto, para otimização deste programa faz-se necessário o uso de ferramentas de diagnóstico que possibilitem a adequação do suprimento de nutrientes fornecido pela adubação com a demanda da laranjeira, com a finalidade de proporcionar adubações equilibradas para aumentar a eficiência no uso de insumos (CASARIN; STIPP, 2009).

2.1 Manejo da fertilidade do solo na citricultura

A avaliação da fertilidade do solo constitui-se no primeiro passo para a definição das medidas necessárias para correção e manejo da adubação em pomares cítricos, sendo a análise química do solo, um dos métodos quantitativos mais utilizados, capaz de avaliar a disponibilidade de nutrientes no solo e, assim, caracterizar suas deficiências ou excessos que prejudicam o desenvolvimento da laranjeira (QUAGGIO et al., 2005). Entretanto, este diagnóstico torna-se complexo por envolver diversas atividades preliminares ou sucessivas, em síntese, destacando-se: processos de amostragem, métodos de análise, técnicas de diagnósticos dos resultados e modelos de interpretação e de recomendação de corretivos e fertilizantes (NOVAIS et al., 2007).

2.1.1 Amostragem do solo

A eficiência da análise química do solo como ferramenta de diagnóstico depende da representatividade da amostra de terra em relação à gleba ou talhão. A amostragem de solo para os citros é feita em glebas ou talhões homogêneos (até 10 hectares) quanto à cor e textura do solo, posição no relevo e manejo do pomar, idade das árvores, combinações de copa e porta-enxerto e produtividade (QUAGGIO et al., 2005).

A amostragem deve ser realizada na faixa de adubação, na qual existe maior volume de raízes, com amostras coletadas cerca de 50 cm da projeção da copa das plantas para dentro e outra cerca de 50 cm para fora da projeção, as quais serão, posteriormente, misturadas para representar o ambiente radicular das plantas (QUAGGIO, 1996). Elas devem ser coletadas nas profundidades de 0 a 20 cm, com o intuito de recomendar a adubação e calagem e, de 20 a 40 cm, com o objetivo de diagnosticar barreiras químicas ao desenvolvimento das raízes, ou seja, deficiências de cálcio com ou sem excesso de alumínio (NOVAIS et al., 2007). Recomenda-se a coleta de pelo menos 20 subamostras para formação de uma amostra

composta representativa do talhão ou de grupo de talhões homogêneos, com a mesma idade e variedades de copa e porta-enxerto, para o caso de grandes propriedades (RIBEIRO et al., 1999). A época mais apropriada para coleta é de fevereiro a abril, respeitando-se um intervalo mínimo de 60 dias após a última adubação (QUAGGIO et al., 2005). Para garantir maior eficiência e representatividade da amostragem, a coleta das subamostras deve ser feita com trados do tipo holandês, sonda ou similares (NOVAIS et al., 2007).

2.1.2 Métodos para análise química do solo

Os procedimentos para análise química do solo podem variar consideravelmente entre laboratórios, em vista das diferenças na solução extratora empregada. Os extratores mais utilizados no Brasil para avaliação da fertilidade do solo são: água, Mehlich (mistura de ácidos clorídrico e sulfúrico) (MEHLICH, 1984), acetato neutro de amônio, acetato de amônio (pH = 4,8) e resina trocadora de íons (RAIJ et al., 1986).

Os resultados obtidos por esses diferentes extratores variam muito em virtude das formas ou frações dos nutrientes extraídas por cada um. Assim, a interpretação dos resultados de análises, obtidos por diferentes métodos, pode diferir significativamente (QUAGGIO et al., 2005). Neste sentido, para interpretação dos resultados da análise química do solo, faz-se necessário saber antecipadamente quais foram os procedimentos analíticos utilizados para quantificação dos elementos químicos na respectiva amostra de solo.

2.1.3 Interpretação da análise química de solo

Preliminarmente, para interpretação dos resultados da análise química do solo para pomares cítricos no Brasil, de forma geral, utilizam-se tabelas de interpretação da disponibilidade dos nutrientes no solo, disponíveis na literatura para uma região específica (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Classes de interpretação da disponibilidade para fósforo de acordo com o teor de argila para solos do Estado de Minas Gerais, Brasil.

Característica	Fósforo disponível – P (mg dm^{-3}) – Método Mehlich-1			
	Muito baixo	Baixo	Médio	Bom
Argila (%)				
60 – 100	$\leq 2,7$	2,8 – 5,4	5,5 – 8,0	8,1 – 12,0
35 – 60	$\leq 4,0$	4,1 – 8,0	8,1 – 12,0	12,1 – 18,0
15 – 35	$\leq 6,6$	6,7 – 12,0	12,1 – 20,0	20,1 – 30,0
0 – 15	$\leq 10,0$	10,1 – 20,0	20,1 – 30,0	30,1 – 45,0

Fonte: Ribeiro et al. (1999).

Tabela 2. Classes de fertilidade para solos cultivados com citros no Estado de São Paulo, Brasil.

Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto
	Potássio – K ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)		
< 0,08	0,08 – 0,15	0,16 – 0,30	> 0,30
	Magnésio – Mg ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)		
-	< 0,4	0,4 – 0,8	> 0,8
	Saturação de bases (%)		
< 26	26 – 50	51 – 70	> 70
	Boro – B (mg dm^{-3})		
-	< 0,6	0,6 – 1,0	> 1,0
	Cobre – Cu (mg dm^{-3})		
-	< 2	2 – 5	> 5
	Manganês – Mn (mg dm^{-3})		
-	< 3	3 – 6	> 6
	Zinco – Zn (mg dm^{-3})		
-	< 2	2 – 5	> 5

Fonte: Quaggio et al. (2005).

2.1.4 Manejo da adubação com nitrogênio, fósforo e potássio

A partir da interpretação das classes de fertilidade do solo da gleba sob diagnóstico utilizam-se novas tabelas para recomendação de adubação para laranjeiras. Essas recomendações para N, P e K são distintas para três fases da cultura: i) plantio; ii) formação - árvores jovens com idade até 5 anos, e iii) produção - árvores adultas; nesse último caso, como critério de ajustes das doses de adubos a serem aplicados, considera-se: a) disponibilidade de nutrientes no solo; b) teor de N das folhas; c) produtividade esperada, pois plantas em produção possuem demanda extra de nutrientes para os frutos, além dos nutrientes necessários ao crescimento de folhas, ramos e raízes (MATTOS JUNIOR et al., 2003).

O teor de N foliar tem-se mostrado um bom indicador das reservas de N na biomassa das plantas, o que serve para ajustar as doses de N a serem aplicadas, uma vez que a análise do solo não fornece parâmetros para a adubação nitrogenada dos citros (QUAGGIO et al., 2005).

Entretanto, a reposta à adubação nitrogenada na produção de laranjas é praticamente inexistente para teores foliares acima de 28 g Kg⁻¹ (QUAGGIO, 1996). Já para P e K normalmente a recomendação de adubação de produção são baseadas na disponibilidade dos nutrientes no solo (CASARIN; STIPP, 2009), conforme a Tabela 3.

Tabela 3. Recomendação de adubação para laranjeiras em produção em função da análise de solos e folhas com expectativa de produção de 122,4 kg por planta.

N foliar (g kg ⁻¹)			Disponibilidade de P			Disponibilidade de K		
<24	24-27	>27	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto
N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (g planta ⁻¹)								
410	380	320	150	100	50	300	200	100

Fonte: Ribeiro et al. (1999)

O N é um nutriente sujeito a processos de transformações químicas, biológicas (mineralização, imobilização, nitrificação, desnitrificação e volatilização) e transporte (lixiviação) que evidenciam um comportamento dinâmico no sistema solo-planta e definem a eficiência da adubação nitrogenada, que, em pomares de citros, varia entre 25 e 50% do N aplicado (QUAGGIO et al., 2005). Dentre estes processos, destaca-se a volatilização da amônia (NH₃) que pode representar perdas que variam de 15 a 45% do N aplicado na superfície do solo na forma de uréia, enquanto que na forma de nitrato ou sulfato de amônio as perdas são insignificantes. Essa amplitude nas perdas por volatilização depende de condições climáticas, pois em condições favoráveis, como ausência de chuvas, altas temperaturas logo após a aplicação da uréia, as perdas podem ser expressivas. Entretanto, parte das perdas do N podem ser compensadas pelo menor preço da uréia, que, às vezes, chega a ser 20 a 30% menor em relação ao nitrato ou sulfato de amônio (NOVAIS et al., 2007).

De modo geral, o maior número de parcelamentos na dose de N reduz as perdas deste elemento tanto por lixiviação, por reduzir a concentração de íons-N na solução do solo, quanto por volatilização. O uso de doses menores, parceladas em várias vezes, no período de maior demanda de N, pode ser uma alternativa para reduzir as perdas e aumentar a eficiência de uso do fertilizante pelos citros. Entretanto, o número excessivo de parcelamentos poderá aumentar os custos com a aplicação de fertilizantes e, também existe a chance de provocar deficiência temporária de N pela aplicação de doses pequenas em período de alta demanda (QUAGGIO et al., 2005).

Quanto à adubação fosfatada, a eficiência dos fertilizantes depende muito da solubilidade dos componentes, que podem ser solúveis em água, ácidos diluídos ou em ácidos concentrados (LOPES; GUILHERME, 2000). Na citricultura os fertilizantes são aplicados na superfície sem incorporação. Nesse caso, as fontes de P solúveis em água devem ser preferidas para ganhar maior eficiência com os fertilizantes fosfatados. Por causa da baixa mobilidade do P no perfil do solo, fundamenta-se a aplicação de doses adequadas de P no sulco de plantio durante a instalação do pomar (QUAGGIO et al., 2005).

Em pomares já instalados em solos pobres em P a correção da sua deficiência é mais eficiente em dose única e com a incorporação do fertilizante após a aplicação (RIBEIRO et al., 1999). Isso é particularmente importante nos solos mais argilosos, nos quais a mobilidade do P é ainda menor (NOVAIS et al., 2007). Graças às aplicações sucessivas de fertilizantes fosfatados na superfície, há o acúmulo do nutriente nas camadas mais superficiais, as quais, apesar de possuírem grande quantidade de radículas, secam rapidamente, dificultando a absorção de P (QUAGGIO et al., 2005). De tempo em tempo, portanto, é possível gradear as entrelinhas do pomar com o objetivo de incorporar o fósforo que se encontra acumulado na superfície. Isso poderá ser feito juntamente com a incorporação do calcário, que geralmente ocorre em ciclo de três em três anos (QUAGGIO et al., 2005).

Quanto à adubação potássica, o K é um íon sujeito à lixiviação no solo, especialmente naqueles de textura mais arenosa. Por essa razão, a aplicação de K tem sido parcelada com o N para reduzir as perdas por lixiviação. Além disso, como os fertilizantes potássicos têm efeito salino elevado, especialmente o cloreto de potássio, que é a fonte mais comumente empregada, esse parcelamento reduz também as chances de ocorrer queimaduras de folhas pela salinidade temporária causada pelos fertilizantes (LOPES; GUILHERME, 2000).

Considerando todos estes aspectos, para aumentar a eficiência da adubação, a época de aplicação de N-P-K é determinada por dois fatores importantes, sendo: i) período de maior exigência, que coincide com o início do período vegetativo após a colheita, florescimento e crescimento do fruto e ii) comportamento do adubo no solo, em que o N e K estão sujeitos a perdas frequentes por volatilização e lixiviação, respectivamente. E, o P pode ser fixado no solo (NOVAIS et al., 2007).

Considerando esses dois fatores, é comum, parcelar a dose total de N e K em três aplicações, enquanto o P é aplicado em única vez acompanhado a 40% do N e K, na pré-florada e o início das chuvas, que geralmente coincide com os meses de setembro-outubro, sendo que o restante do N e K são aplicados 30% em dezembro-janeiro e 30% em março-abril (MALAVOLTA et al., 1994). Da mesma forma, Magalhães et al. (2006) sugere que a primeira parcela do N e K, juntamente com todo P deverá ser aplicado em condições de florescimento natural, o que ocorre em maior quantidade em setembro.

2.1.5 Manejo da adubação com cálcio, magnésio e enxofre

O suprimento de Ca e Mg em pomares cítricos limitam-se normalmente à prática da calagem. Plantas cítricas são sensíveis a solos ácidos, além de que, boa parte da resposta dos citros à calagem deve-se a demanda elevada das árvores por Ca, pois são poucas as espécies de plantas que absorvem mais Ca do que N. Além disso, os citros possuem forte demanda por Mg,

principalmente com a variedade Valência, justificando-se pelo acentuado aumento de produção quando submetida a calagem, utilizando-se como fonte o calcário dolomítico (QUAGGIO et al., 2005).

A necessidade de calcário é calculada com base em curva de calibração estabelecida para os citros, frequentemente utiliza-se no Brasil o método da saturação de base para correção do solo (RIBEIRO et al., 1999). Com este método, recomenda-se elevar a saturação de bases a 70% na camada superficial do solo (0 a 20 cm de profundidade), de forma a manter os níveis de Mg no solo entre 0,4 e 0,8 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ (QUAGGIO et al., 2005).

O gesso agrícola tem sido utilizado como fonte de Ca e S, além de ser condicionador do solo, atuando na melhoria do ambiente radicular das plantas, em razão da movimentação de Ca para camadas subsuperficiais do solo e, ou, diminuição dos efeitos tóxicos de teores elevados de Al (RIBEIRO et al., 1999). De forma geral, o S tem sido fornecido aos pomares cítricos quando se observa sintoma de deficiência nutricional (QUAGGIO et al., 2005). A principal fonte de S em condições naturais é a matéria orgânica, além do sulfato da atmosfera e S elementar dos acaricidas, fungicidas e das fontes nitrogenadas (sulfato de amônio), fosfatada (superfosfato simples) e potássica (sulfato de K) (MAGALHAES et al., 2006).

2.1.6 Manejo da adubação com Boro, Zinco e manganês

No Brasil, boro (B), zinco (Zn) e manganês (Mn) são os micronutrientes mais limitantes à produção dos citros, pelos baixos teores no material de origem e pela adsorção específica que ocorre com a matriz de solos cultivados. A disponibilidade desses metais pode ser ainda influenciada pelas reações que ocorre no solo, sendo reduzida a valores de pH mais elevados, com exceção do B (MATTOS JUNIOR et al. 2005).

A adubação foliar tem sido a forma mais utilizada para aplicar micronutrientes metálicos na citricultura, não somente pela sua quantidade necessária ser pequena, mas

também para evitar adsorção exagerada de elementos metálicos aos colóides do solo, o que reduz a disponibilidade destes elementos para as plantas (NOVAIS et al., 2007). E, ainda pelo fato dos micronutrientes terem mobilidade restrita no floema ou serem imóveis na planta, como são os casos do Mn, Zn e B (TAIZ; ZEIGER, 2006). Isso mostra que devem ser feitas aplicações foliares nos principais fluxos de vegetação, quando as folhas ainda são jovens e tem cutícula pouco desenvolvida, o que facilita a absorção dos nutrientes. Na fase de produção, a primeira aplicação deve ser feita no final do florescimento aproveitando o tratamento fitossanitário e a segunda no fluxo de vegetação de janeiro e fevereiro (MAGALHAES et al., 2006).

As fontes mais recomendadas de micronutrientes metálicos são sais formados com íons cloreto, sulfato e nitrato, que têm, praticamente, a mesma eficiência, em doses equivalentes de nutrientes. Em aplicações foliares, a fonte de B mais recomendada é o ácido bórico, que, em vista da reação ácida, é compatível com a maioria dos defensivos agrícolas (QUAGGIO et al., 2005).

A recomendação geral de adubação foliar consiste em preparar caldas desses sais, nas concentrações (em mg L⁻¹): Zn (500 a 1.000), Mn (300 a 700), B (200 a 300) e Cu (600 a 1.000) com ácido bórico e uréia (5 g L⁻¹), como coadjuvante. Concentrações inferiores são recomendadas para a manutenção, enquanto as superiores devem ser empregadas quando há sintomas visíveis de deficiência. O volume aplicado deve ser o suficiente para molhar a planta até o ponto de escoamento (MAGALHAES et al., 2006).

A recomendação de cobre é mais importante para pomares em formação, pois aqueles em produção são sempre pulverizados com fungicidas à base de cobre durante o florescimento, o que é suficiente para nutrir a planta com este elemento (QUAGGIO et al., 2005).

A aplicação de B na citricultura deve ser feita preferencialmente via solo. Contudo, a adição do nutriente em misturas N-P-K, geralmente, traz problemas de segregação, pela dificuldade de obter fonte de B granulada eficiente; já a adição de B em fertilizantes complexos, com os nutrientes no mesmo grão é vantajosa do ponto de vista agrônomo, porém tem custo muito elevado (QUAGGIO et al., 2005).

Como já visto anteriormente, a análise química do solo é uma das ferramentas mais difundidas para avaliar a capacidade do solo em fornecer os nutrientes necessários ao citros e, para identificar fatores limitantes, como a acidez, salinidade entre outros. Contudo, somente esta técnica torna-se insuficiente para garantir o acompanhamento adequado do diagnóstico em programas de monitoramento nutricional (PRADO et al., 2008). Pois a presença de nutrientes no solo, mesmo em quantidade disponíveis de acordo com a análise de solo, não garante a absorção pela planta, devido a diversos fatores ambientais que podem influenciar no processo de absorção radicular (EPSTEIN; BLOOM, 2006). Sendo a utilização da análise química da planta um importante complemento para avaliação do estado nutricional do citros (MAGALHÃES, 2006).

2.2 Manejo nutricional em pomares cítricos

2.2.1 Nutrição mineral

Cerca de 95% da matéria seca da biomassa total das plantas é formada por compostos de carbono (C), hidrogênio (H) e oxigênio (O) fixados através da fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2006). É importante notar que o crescimento dos citros e a produção de frutos resultam da assimilação de CO₂ (que depende de luz, temperatura, água, nutrientes, área foliar etc.) e da partição do C fixado para formação e manutenção dos seus vários órgãos. Os nutrientes minerais, absorvidos pelas raízes e, em menor proporção, pelas folhas, representam os outros 5% da biomassa e cuja ausência ou deficiência, durante o ciclo da cultura, resultam

em injúria, desenvolvimento anormal ou morte da planta. Isso deve-se ao fato, de tais elementos participarem diretamente no metabolismo vegetal como componentes estruturais ou co-fatores de reações bioquímicas (MATTOS JUNIOR et al., 2005; TAIZ; ZEIGER, 2006).

Dentre estes nutrientes minerais, o N, destaca-se por ser o elemento que regula a taxa fotossintética, síntese de carboidratos, massa específico das folhas, produção de biomassa total e a alocação de carbono em diferentes órgãos na planta (TAIZ; ZEIGER, 2006). O suprimento adequado de N no pomar resulta em plantas com vegetação verde intensa e boa produção de frutos. Contudo, o excesso, desse nutriente tende a promover vegetação exuberante, com folhas graúdas, típicas de vigor excessivo da planta, aumento do número de frutos por planta em detrimento do tamanho dos mesmos, o que pode ser desvantagem para a comercialização “in natura”, pois a falta ou o excesso de N interferem diretamente no tamanho e na qualidade dos frutos. Assim, o ajuste das recomendações de adubação, baseando-se no diagnóstico nutricional passa ser fundamental (MATTOS JUNIOR et al., 2005).

Estudos recentes com as variedades de laranjeiras Pera e Valência demonstraram que a massa de frutos diminuiu com o aumento das doses de adubo N (QUAGGIO et al. 2006). Essa característica é inversamente correlacionada com a produção total da árvore, pois o aumento da dose de N aplicado, aumentou o pegamento de frutos e conseqüentemente o número de frutos produzidos por unidade de volume da copa.

O P, como fosfato é um componente integral de compostos importantes das células vegetais, incluindo fosfato-açúcares, intermediários da respiração e fotossíntese, bem como fosfolipídeos que compõem membranas vegetais. É também um componente de nucleotídeos utilizados no metabolismo energético da laranjeira (trifosfato de adenosina, ATP) e no ácido desoxirribonucléico (DNA) e ácido ribonucleíco (RNA) (TAIZ; ZEIGER, 2006).

Pomares deficientes em P crescem lentamente, as folhas velhas perdem o brilho, podendo ter tamanho excessivo, coloração amarelada ou bronzeada e caem prematuramente. Nos frutos, a columela tende a se tornar aberta (QUAGGIO et al., 2005). A adubação com P em citros já foi negligenciada no Brasil em função de dados obtidos em outros países, que sugeriam que esta cultura era pouco responsiva a este elemento (CASARIN; STIPP, 2009).

O K é o nutriente responsável pela manutenção do turgor e extensibilidade das células, o que afeta o tamanho de frutos (PRADO et al., 2008). Estudos têm demonstrado que o fornecimento de K aumenta o tamanho dos frutos e a espessura da casca, que são características favoráveis ao mercado de fruta fresca. Contudo, frutos maiores e com casca mais grossa podem apresentar menor rendimento de suco e menores teores de sólidos solúveis, que são indesejáveis, tanto para o consumo “in natura” quando para a produção de suco concentrado (ALVA et al., 2006). Quaggio et al. (2006) avaliando o efeito de diferentes doses de K na produção de laranjas doces, observaram que seu efeito na aplicação depende da disponibilidade desse nutriente no solo, onde a dose de 223 kg ha⁻¹ quando comparado à dose de 25 kg ha⁻¹ proporciona incremento de 18% na produção de frutos.

A produção de frutos pode ainda ser afetada negativamente pelo suprimento excessivo de K. Mattos Junior et al. (2004) relatam que a produção de frutos de murcott enxertada em limão cravo (média de seis safras) foi reduzida em cerca de 53% com a aplicação de doses anuais de K = 25 kg ha⁻¹ e 225 kg ha⁻¹, sendo as árvores que receberam as maiores doses de K apresentavam perda de folhas e desequilíbrio nutricional, ocasionado pela redução dos teores foliares de cálcio e magnésio. O excesso de K disponível no solo é frequente em solos adubados tradicionalmente com fórmulas NPK sem considerar os resultados da análise de solo (QUAGGIO, 1996).

Excesso de K é ainda, notadamente frequente em pomares pouco produtivos, nos quais a exportação do nutriente com a colheita é pequena e, muitas vezes, inferior a doses de

K aplicada (QUAGGIO et al., 2005). Uma das características do excesso de K nos citros é a redução da densidade de folhas, o que confere um aspecto “vazado” ou “transparente” da copa. Boa parte dessa redução na folhagem é decorrente da menor absorção de Ca dado o antagonismo entre o Ca e o K, por serem absorvidos pela planta pelos mesmos mecanismos na membrana celular (MEDEIROS et al., 2008).

O Ca é constituinte da estrutura do vegetal com importantes funções fisiológicas no metabolismo, é encontrado nas membranas celulares em forma de pectato de cálcio e, em alguns tecidos como oxalato de cálcio e também combinados com ácidos orgânicos. Além da função “cimentante” das células é regulador da permeabilidade dos tecidos, membranas celulares e citoplasma, estimulando a absorção de N, neutralizando ácidos orgânicos e ativando algumas enzimas como a fosfatase e favorecendo o poder germinativo em sementes (MAGALHÃES, 2006). Destaca-se ainda a demanda elevada das plantas cítricas por Ca, pois são poucas as espécies de plantas que absorvem mais Ca do que N (QUAGGIO et al., 2005).

O Mg é constituinte da clorofila e dos pigmentos encontrados em maiores proporções nas folhas e brotos. Está aliado a outras funções como síntese de gorduras de reserva, produção de vitaminas A e C. Estimula ao desenvolvimento de microorganismos e ativação de enzimas, favorecendo ao desenvolvimento radicular (TAIZ; ZEIGER, 2006). Já o enxofre (S) faz parte de aminoácidos, proteínas, vitaminas, coenzimas e outros compostos orgânicos, responsáveis pela síntese de clorofila (TAIZ; ZEIGER, 2006).

Entre os micronutrientes, B, Zn e Mn são os mais importantes para a produção dos citros, cujos sintomas visuais de deficiência também são mais frequentes. Dentre estes micros, a deficiência de Zn é generalizada nos pomares brasileiros, principalmente na variedade Pera, mais sensível ao vírus da tristeza, o qual prejudica o transporte do Zn na planta (QUAGGIO; PIZZA JUNIOR, 2001). A deficiência de Mn também é comum em pomares cítricos, porém

somente quando severa ela reduz a produtividade das plantas. Os sintomas também são mais frequentes na variedade Pera, principalmente em solos com calagem recente ou quando ocorre veranico durante o verão (QUAGGIO et al., 2005).

A deficiência de B vem-se tornando mais frequente na citricultura em função da disponibilidade do nutriente no solo e do efeito das condições climáticas, como períodos prolongados de seca ou excesso de chuvas que reduzem a absorção pelas plantas, pelo fato do elemento em solução ser transportado para as raízes, preferencialmente via fluxo de massa, além ser imóvel no floema, sendo transportado principalmente pelo xilema na planta (FERNANDES et al., 2006). O B tem função importante em vários sistemas enzimáticos, na germinação de grãos de pólen e crescimento do tubo polínico, no metabolismo de ácidos nucléicos, auxinas (AIA) e fenóis, na lignificação, no transporte de carboidratos e ativação do zinco (TAIZ; ZEIGER, 2006).

O Zn está relacionado com a síntese do citocromo C, formação de amido, metabolismo de fenóis e parede do xilema, estabilização de ribossomos, metabolismo de proteínas e de ácido nucléico (polimerase do RNA) e aumento no tamanho e multiplicação celular e fertilidade do grão de pólen (FERNANDES et al., 2006). Já o Mn é ativador enzimático na biossíntese de clorofila, de glicolípídios e de ácidos graxos da membrana do cloroplasto, na manutenção da integridade funcional da membrana plasmática, no controle hormonal (AIA), na síntese de proteína e RNA, responsável pela enzima que reduz nitrato a N amoniacal, sua falta reduz 2/3 a assimilação fotossintética, dificultando a movimentação do Fe dentro da planta (TAIZ; ZEIGER, 2006).

O cobre (Cu) é importante no transporte eletrônico durante a fotossíntese. O ferro (Fe) tem papel importante na síntese de clorofila como componente estrutural do complexo do fotossistema I (ferrodoxina), no desenvolvimento de cloroplastos, ribossomos e na síntese de proteínas (MAGALHÃES, 2006).

2.2.2 Avaliação do estado nutricional do citros

A avaliação do estado nutricional normalmente é realizada pela análise química da planta. A utilização da folha para análise dos nutrientes deve-se ao fato desta refletir melhor o estado nutricional, isto é, responde mais a variações no suprimento de um determinado nutriente do solo provindo ou não de adubações. Isto ocorre pelo fato da folha ser o órgão onde ocorrem os processos metabólicos mais importantes das plantas e, as alterações fisiológicas decorrentes de distúrbios nutricionais normalmente tornam-se mais evidentes nestes órgãos (FONTES, 2001).

Além dos processos fisiológicos mais importantes da planta ocorrerem nas folhas, justifica-se ainda sua utilização na diagnose nutricional, o fato de existir uma relação bem definida entre o crescimento e a produção das culturas com os teores de nutrientes em seus tecidos foliares. Nesta relação existente, conceitua-se como zona de deficiência, aquela, cujo aumento do suprimento de determinado nutriente é acompanhado pelo aumento do teor nutricional em seus tecidos, resultando em aumento do crescimento e produção. Chama-se zona de adequação, aquela, no qual, o aumento do suprimento de dado nutriente e de seu teor nos tecidos da planta não é acompanhado por aumentos expressivos no crescimento ou produção da planta. E, por último, a chamada de zona de absorção de luxo ou toxidez, aquela no qual, o aumento do suprimento do nutriente e de sua concentração nos tecidos, caracteriza-se por decréscimo no crescimento ou produção (MALAVOLTA, 2006).

Diante do exposto, quanto a concentração de determinado nutriente corresponde a 90% da produtividade máxima, denomina-se também teor crítico, que representa a concentração do nutriente a partir do qual a probabilidade de resposta ao aumento da sua disponibilidade não resulta em maior eficiência econômica (KURIHARA et al., 2005).

O conhecimento dos teores nutricionais nos tecidos vegetais relacionados com cada uma dessas regiões (deficiência, equilíbrio e, excesso nutricional), ou por meio do teor crítico, permite que por meio do monitoramento da concentração do nutriente na planta se defina o

estado nutricional de qualquer planta (RIBEIRO et al., 1999). Entretanto, o diagnóstico nutricional torna-se complexo por envolver uma série de fatores, entre eles, em síntese: o processo de amostragem foliar e a interpretação dos resultados da análise química da folha.

2.2.3. Amostragem foliar

A idade da folha, sua posição na planta, variação sazonal na produção, posição da folha no ramo, exposição solar, presença ou ausência de frutos nos ramos e a época de amostragem são aspectos fundamentais que devem ser considerados na análise do tecido vegetal, que interfere no teor foliar e reflete na interpretação do estado nutricional da planta. Assim, dado que as concentrações de nutrientes são afetadas pelo estágio de desenvolvimento da planta e pelas condições ambientais, a amostragem dos tecidos deve ser realizada em épocas e períodos previamente definidos, (VELOSO et al., 2002).

Em laranjeiras, a amostragem foliar tem sido efetuada coletando-se amostras da folha recém-madura (terceira ou quarta folha), tomada a partir do ápice do ramo com fruto terminal, geradas na primavera, com aproximadamente seis meses de idade, normalmente entre fevereiro e março, em ramos com frutos de 2 a 4 cm de diâmetro. Devendo a amostragem ser realizada em pelo menos 25 árvores em área de no máximo 10 ha, coletando-se quatro folhas não danificadas por árvore, uma em cada quadrante e na altura mediana da planta, no mínimo 20 dias após a última pulverização (MALAVOLTA et al., 2006).

2.2.4 Interpretação dos resultados da análise química da folha

A interpretação dos resultados da análise química foliar pode ser estabelecida contrastando a concentração de determinado nutriente com a concentração do mesmo elemento em plantas saudáveis e de elevada produtividade, denominando-se valor de referência ou valor nutricional padrão. Quando o valor padrão corresponde a 90% da produtividade máxima, denomina-se também de nível crítico (NC). E, se tratando de uma amplitude de

valores adequados para plantas sadias com elevada produtividade, tem-se valores normais das faixas de suficiência (FS) (KURIHARA et al., 2005).

Nestes métodos de avaliação do estado nutricional (NC e FS) como não são consideradas as interações entre os nutrientes ou com o próprio ambiente na definição dos valores padrões, faz-se necessário que todas as demais condições, exceto o nutriente em análise, sejam controladas e mantidas sob ótima disponibilidade. Além disto, para que o diagnóstico se torne seguro é indispensável que as condições de crescimento das plantas, a serem avaliadas, sejam semelhantes às aquelas utilizadas para a obtenção da curva de calibração no que diz respeito às condições edafoclimáticas, à idade das plantas e do tecido, ao tipo de material genético, à posição do tecido na planta e disponibilidade dos demais nutrientes (FAGERIA, 1998; FAGERIA et al., 2009).

A exemplo têm-se os NC foliares dos nutrientes para laranjeira Pera, sugeridos para região central de Goiás (SANTANA et al., 2008) e Bebedouro, no estado de São Paulo (CAMACHO et al., 2012) e, também as FS nutricional sugeridas para o estado de São Paulo (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4. Níveis críticos foliares para laranjeira Pera indicados para Bebedouros – SP e região central de Goiás.

Bebedouro – São Paulo										
N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
-----(g kg^{-1})-----					-----(mg kg^{-1})-----					
22,7	0,7	7,5	30,9	5,6	-	27,4	5,8	55,6	36,8	20,5
Região Central de Goiás										
27	2,4	11,1	36,6	4,2	3,5	40,5	34,5	320,5	128,5	24,60

Fonte: Camacho et al. (2012) e Santana et al. (2008).

Tabela 5. Interpretação dos teores foliares de laranjeira em ramos frutíferos gerados na primavera, com três a sete meses de idade (terceira ou quarta folha, tomada a partir do ápice).

Elemento	Deficiente	Baixo	Adequado	Alto	Excessivo
-----g kg ⁻¹ de matéria seca-----					
N	< 20	20-23	24-26	27-30	> 30
P	< 0,9	0,9-1,1	1,2-1,7	1,8-2,9	> 2,9
K	< 5	5-9	10-14	15-20	> 20
Ca	< 20	20-34	35-40	41-65	> 65
Mg	< 2,0	2,0-2,4	2,5-3,0	3,1-5,0	> 5
S	< 1,5	1,5-1,9	2,0-2,5	2,6-4,0	> 4,0
-----mg kg ⁻¹ de matéria seca -----					
B	< 30	30-59	60-140	141-200	> 200
Cu	< 4	4-9	10-30	31-40	> 40
Fé	< 50	50-129	130-300	301-400	> 400
Mn	< 18	18-24	25-49	50-200	> 200
Mo	< 0,05	0,05-0,09	0,1-1,00	1,01-5,00	> 5,00
Zn	< 18	18-24	25-49	50-200	> 200

Fonte: Malavolta et al. (1994)

Como a concentração de um nutriente na folha está sujeito a diversos outros fatores que não aqueles estritamente relacionados com a disponibilidade de nutrientes, como por exemplo, luminosidade, temperatura, regime hídrico e doenças. O estabelecimento do NC e/ou FS depende de ensaios de calibração, que devem ser executados em diversos anos e locais representando com precisão as condições tecnológicas das culturas (KURIHARA et al., 2005).

Neste sentido, enquanto NC e FS de um dado nutriente represente adequadamente a concentração mais provável em uma planta sadia sob condição ecofisiológica semelhante, pouco se pode inferir quanto à concentração do mesmo nutriente em uma planta ou gleba sob distinta condição edafoclimática, pela incerteza de quais processos poderiam estar determinando as taxas de acumulação de biomassa e do nutriente naquele órgão da planta (JARREL; BEVERLY, 1981).

Em função principalmente do elevado custo em tempo, recursos humanos e técnicos para o desenvolvimento de ensaios de calibração para a obtenção dos valores padrões para a avaliação do estado nutricional em culturas comerciais, uma alternativa tem sido a derivação dos valores padrões a partir de plantas consideradas nutricionalmente equilibradas pelo Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), como já obtido para cafeeiros (PARTELLI et al., 2006; FARNEZI et al., 2009), bananeiras (TEIXEIRA et al., 2002; 2007), essências florestais (DRECHSEL; ZECH, 1994; WADT et al., 1998) e laranjeiras, para as condições de Goiás (SANTANA et al., 2008) e São Paulo (MOURÃO FILHO; AZEVEDO, 2003; CAMACHO et al., 2012). Estes valores padrões regionalizados correspondem a amplitude ou teor nutricional no tecido foliar coincidentes com elevadas produtividades e, permite diagnosticar com precisão o estado nutricional das plantas e auxiliar na tomada de decisão quanto ao manejo da adubação (MOURÃO FILHO, 2004).

2.3 Sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS)

O método DRIS desenvolvido por Beaufils (1973) foi proposto com o objetivo de proporcionar a avaliação do estado nutricional das plantas com base na análise foliar, sem a necessidade de estabelecer rígido controle experimental para as condições ecofisiológicas do local de crescimento das plantas tomadas como referência, sendo, portanto capaz de realizar diagnósticos nutricionais acurados independentes das condições locais de crescimento das plantas ou das condições de seu desenvolvimento fenológico (independência em relação à idade da planta e, ou, cultura).

Dado aos efeitos de diluição e concentração nunca completamente controlados (JARREL; BERVERLY, 1981) e, principalmente pela impossibilidade de se reproduzir nas culturas comerciais às mesmas condições em que foram obtidos os valores de referência pelas curvas de calibração, o sistema DRIS passa ser alternativa confiável na identificação do

impacto de um dado nutriente na produtividade de qualquer cultura, sendo útil na otimização do manejo da adubação (MOURÃO FILHO, 2004).

As principais vantagens do sistema DRIS comparativamente aos métodos tradicionais (NC e FS), são: i) Capacidade em ordenar o grau de limitação dos nutrientes (deste o mais limitante até o mais excessivo); ii) Possibilidade de produzir diagnósticos coerentes independentes do estágio de desenvolvimento da cultura e, apresentando-se os resultados em escala normatizada, contínua, e de interpretação direta (MALAVOLTA, 2006; WADT; NOVAIS, 1999). E, iii) Permite-se ainda, a possibilidade de obtenção dos valores nutricionais padrões para a cultura diretamente do monitoramento de plantas cultivadas comercialmente, dispensando a experimentação, como recentemente realizado para cafeeiros (WADT; DIAS, 2012) e cupuaqueiros (DIAS et al., 2010a; 2010b; 2011) em Rondônia ou mangueiras na região do semi-árido nordestino (WADT; SILVA, 2010).

Apesar das inúmeras vantagens, o método DRIS apresenta também algumas desvantagens comparativamente aos métodos tradicionais (NC e FS), em síntese: i) No diagnóstico nutricional, os índices DRIS são dependentes, uns dos outros, diferente dos métodos tradicionais que são independentes quanto aos teores nutricionais; ii) Necessidade da utilização de software ou programas computacionais para os cálculos dos índices DRIS; iii) Alguns autores relatam alta frequência de diagnoses falsas para a insuficiência nutricional (adubação desnecessária) e, iv) A norma DRIS não é estática, necessitando ser reformulada de acordo com a evolução do sistema produtivo (BEVERLY, 1993; MOURÃO FILHO, 2004).

2.3.1 Normas DRIS

A primeira etapa para utilização do método DRIS é o estabelecimento de padrões nutricionais, dando origem às normas DRIS. Estas normas são valores médios dos teores e das

razões entre os nutrientes com seu respectivo desvio padrão, representando uma população de referência (RIBEIRO et al., 1999).

Na literatura, diversos critérios têm sido adotados para determinação de normas DRIS. Beaufils (1973) define que as normas determinadas a partir de parte da população precisam ser sadias. Já Malavolta (2006) considera dependência das normas, a plantas com boa sanidade fitotécnica, considerando este um critério primordial para sua definição. De maneira geral a população de referência deverá ser baseada na premissa de que existe uma relação significativa entre o suprimento de nutrientes e seus teores na planta, de modo que aumentos ou decréscimos nas suas concentrações proporcionem variação na produtividade (HOOGERHEIDE, 2005).

O tamanho da base de dados para definição das normas é bastante variável entre os trabalhos publicados. Walworth et al. (1988) demonstram que normas desenvolvidas a partir de dez observações foram representativas e eficientes comparativamente as normas provenientes de banco de dados maiores. Entretanto Letsch e Sumner (1984) observaram que as melhores normas tiveram origem em grandes bases de dados em grupos de alta produtividade.

Como as normas DRIS precisam ser representativas da população a ser diagnosticada (BEAUFILS, 1973), sua definição normalmente é determinada a partir de uma população, a qual se divide em duas sub população: baixa e alta produtividade. Nesse caso a sub população de alta produtividade da origem as normas DRIS e as de baixa produtividade ficam sujeitas ao diagnóstico, proposto basicamente pela diferença entre a norma e a sub população a ser diagnosticada de acordo com as diferentes variações do método DRIS (BEAUFILS, 1973; ELWALI; GASCHO, 1984; JONES, 1981; PARENT, 2011; RATFHON; BURGER, 1991; WADT et al., 2007).

As normas DRIS tradicionalmente são definidas a partir de faixas de produtividade de acordo com cada cultura (MAEDA; RONZELLI JUNIOR, 2004; ROCHA et al., 2007), sendo o ponto de corte é determinado de forma arbitrária (BEAUFILS, 1973). Letsch e Sumner (1984)

recomendam pelo menos 10% das observações para utilização como padrões de referência. Por outro lado Malavolta (2006) sugere o rendimento de 80% do máximo para separar as duas sub-populações. Muitos trabalhos têm discutido as condições ideais para a obtenção destas normas, havendo conclusões distintas, desde aquelas obtidas a partir de dados calibrados localmente, como também conclusões que sugerem normas DRIS gerais ou universais.

Silva et al. (2005) avaliando as universalidades das normas DRIS, recomendam a utilização de normas específicas, da mesma forma, Rocha et al. (2007) destacaram a importância de obtenção de normas regionais e específicas para diferentes condições de cultivo. Entretanto, Reis Junior (2002) destacou a possibilidade de utilização de normas universais, desde que as condições de cultivo de ambas sub-populações (referência e amostra) sejam semelhantes.

Enquanto que Dias et al. (2010a) define que a utilização de normas DRIS genéricas apresenta desempenho similar ao proporcionado por normas DRIS específicas na avaliação do estado nutricional de pomares de cupuaçuzeiros cultivados em diferentes condições de manejo, e que quando específicas apresentam aplicabilidade restrita às condições ambientais e de manejo de pomares em que sua população de referência é cultivada. Corroborando com este autor, Dias et al. (2010c) estudando cupuaçuzeiros cultivado na região amazônica sugere que as normas DRIS sejam genéricas, pois a busca por normas DRIS para cada situação pode inviabilizar o sistema devido a grande quantidade de condições de manejo.

De forma semelhante, Wadt e Silva (2010) utilizando o método DRIS para diagnóstico nutricional em mangueiras, utilizaram normas DRIS de todo o conjunto de dados do monitoramento, sem a divisão das amostras em classes de produtividade, em razão do pequeno número de pomares avaliados. Dias et al. (2011) avaliando o efeito de diferentes normas DRIS no potencial de resposta a adubação para macronutrientes, concluíram que para maioria dos nutrientes avaliados, as normas DRIS resultam em diagnósticos semelhantes.

Neste contexto, a utilização de relações nutricionais log-transformadas contribui para uma maior consistência dos resultados entre as formas direta e inversa entre diferentes normas DRIS, aumentando a segurança dos diagnósticos nutricionais independentemente da forma de expressão adotada (DIAS et al., 2010b).

2.3.2 DRIS de relações multivariadas (DRIS_{rm})

O método DRIS_{rm} também conhecido como diagnose da composição nutricional (CND) possibilita a ordenação dos nutrientes mais limitantes (SERRA et al., 2010). Este método foi desenvolvido por Parente e Dafir (1992) com base no método de análise composicional de Aitchison (1982), analisando os dados dentro de variável multinutriente (PARENT, 2011).

Para a utilização desta metodologia a concentração de todos nutrientes devem ser expressos em decagrama por quilograma (dag kg^{-1}). A seguir, calcular-se o valor do complemento dos nutrientes para o total da biomassa da folha, denominado de valor R, conforme a expressão:

$$R = 100 - (vN + vP + vK + vCa + vMg + vS + vB + vCu + vFe + vMn + vZn)$$

Assim, R representa o conteúdo da matéria e os demais nutrientes não avaliados e, vN, vP, vK, vCa, vMg, vS, vB, vCu, vFe, vMn e vZn, respectivamente, os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, expressos em dag kg^{-1} . A seguir calcula-se a média geométrica (mGeo) dos teores nutricionais pela expressão:

$$mGeo = (vN \times vP \times vK \times vCa \times vMg \times vS \times vB \times vCu \times vFe \times vMn \times vZn \times R)^{(1/12)}$$

Ainda, para cada nutriente, determina-se sua respectiva variável multinutriente (Z_x) pelo logaritmo neperiano do índice entre vX e a média geométrica (mGeo) dos teores nutricionais pela expressão:

$$Z_x = \ln (vX/mGeo)$$

Sendo que, Z_x representa o valor da relação multivariada de cada um dos nutrientes avaliados (vX), expressos em dag kg^{-1} , e correspondendo a vN , vP , vK , vCa , vMg , vS , vB , vCu , vFe , vMn e vZn . E, por fim calcula-se os índices DRIS multivariados para todos nutrientes em análise.

2.3.3 Índices DRIS multivariados (IDrisM)

Os IDrisM medem o desvio de qualquer parâmetro que uma amostra sob análise possa apresentar em relação aos de uma população de referência, do ponto de vista nutricional e assim estabelecer uma ordem de limitação nutricional (WALWORTH; SUMNER, 1987). Então, no DRISrm para cada nutriente determina-se seu respectivo IDrisM através da relação multivariada log-centrada (PARENT, 2011):

$$I_X = (Z_x - mX)/sX$$

Em que: I_X , mX e sX representam o índice DRIS de relação multivariada, a norma DRIS e o desvio padrão, respectivamente para todos os nutrientes em avaliação.

2.3.4 Índices de balanço nutricional (IBN)

A partir da definição dos IDrisM para cada nutriente é possível conhecer a magnitude do desequilíbrio nutricional global, determinado pelo somatório do módulo dos valores dos IDrisM gerados para a amostra, obtidas para cada nutriente, (GUINDANI et al., 2009).

O IBN como fator determinante para o bom desenvolvimento da planta, já mencionado por Gomes et al. (2005), no qual seu índice, quanto mais próximo de zero, maior o equilíbrio nutricional da planta e, conseqüentemente, quanto mais discrepante seja com valores positivos ou negativos, maior desequilíbrio nutricional (TERRA et al., 2003).

Por outro lado, Terra et al. (2003) descreveram que o índice de balanço nutricional médio (IBNm), obtido pela razão entre IBN da amostra e o número de nutrientes envolvidos no

diagnóstico pode ser utilizado para estabelecer uma faixa de equilíbrio nutricional. Wadt (2005) propôs a utilização do IBNm na avaliação nutricional por meio do DRIS, sendo que lavouras ou pomares, cujo seus IDrisM em módulo estivessem fora da faixa do equilíbrio nutricional, seja para valores positivos ou negativos, tenderiam a apontar desequilíbrio nutricional, propondo a seguinte fórmula:

$$IBNm = (|I_N| + |I_P| + |I_K| + |I_{Ca}| + |I_{Mg}| + |I_S| + |I_B| + |I_{Cu}| + |I_{Fe}| + |I_{Mn}| + |I_{Zn}|) / 11$$

2.3.5 Interpretação dos IDrisM

Na interpretação dos IDrisM, frequentemente utiliza-se o potencial de resposta à adubação (PRA), os quais são classificados em cinco categorias quanto à probabilidade de resposta à adubação definidas da seguinte maneira: i) PRA nulo (Z) = $|IDris| < IBNm$; ii) PRA positivo ou nulo (PZ) = $|IDris| > IBNm$, sendo o $Inut < 0$; iii) PRA positivo (P) = $|IDris| > IBNm$, sendo o $Inut$ o menor índice DRIS entre os demais nutrientes; iv) PRA negativo ou nulo (NZ) = $|Inut| > IBNm$, sendo o $Inut > 0$ e v) PRA negativo (N) = $|Inut| > IBNm$, sendo o $Inut$ o maior índice DRIS entre os demais nutrientes. Em que: $IBNm$ e $Inut$ são adimensionais (WADT, 2005).

O PRA nulo é interpretado como o nutriente estando em uma faixa de relativo equilíbrio nutricional, ao passo que o PRA positivo é interpretado como estando o nutriente em deficiência, apresentando maior probabilidade de responder de forma positiva à adição do nutriente limitante e sendo a resposta mais provável para o nutriente que for também aquele mais limitante por deficiência. Já o PRA negativo é interpretado como estando o nutriente em excesso, sendo o nutriente mais desequilibrado aquele que for o mais limitante por excesso.

3 CAPÍTULO I:
NORMAS DRIS MULTIVARIADAS PARA AVALIAÇÃO DO
ESTADO NUTRICIONAL DE LARANJEIRA PERA NO
AMAZONAS

RESUMO

Para utilização da diagnose da composição nutricional ou do sistema integrado de diagnose e recomendação de relações multivariadas (DRIS) na avaliação do estado nutricional de laranjeira, faz-se necessário à definição de valores de referência que sejam adequados para refletir suas condições nutricionais. Neste trabalho, objetivou-se estabelecer normas DRIS multivariadas e avaliar seu desempenho comparativamente aos padrões nutricionais definidos pela literatura na avaliação do estado nutricional de laranjeiras Pera no estado do Amazonas. Avaliou-se o estado nutricional de 120 glebas comerciais de laranjeira Pera enxertadas em limoeiro 'Cravo', sendo que os padrões de referência foram definidos a partir do conjunto das glebas. Normas DRIS para nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), Cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) foram estabelecidas e o diagnóstico nutricional pelo método DRIS conjugado a utilização de normas genéricas comparativamente aos padrões nutricionais propostos pela literatura apresentou baixo grau de concordância na avaliação do estado nutricional de laranjeira Pera no estado do Amazonas.

Palavras-chave: *Citrus limonia*. *Citrus sinensis*. Diagnose foliar. Nutrição mineral. Relações nutricionais.

ABSTRACT

For use of the compositional nutrient diagnosis or diagnosis and recommendation integrated system for multivariate relations (DRIS) in evaluating the nutritional status of orange, becomes necessary to define reference values that are appropriate to reflect the nutritional state. This work established DRIS norms multivariate and evaluate its performance compared to the nutritional literature standards on the nutritional status of orange in the Amazonas. We evaluated the nutritional status of 120 commercial orchards of sweet orange grafted on Rangpur lime and the benchmarks were defined from the set of orchards. DRIS norms for nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), sulfur (S), boron (B), copper (Cu), iron (Fe), manganese (Mn) and zinc (Zn) are established and nutritional diagnosis by DRIS combined the use of generic standards compared to nutritional standards proposed in the literature showed a low degree of agreement in assessing the nutritional status of orange in the Amazonas.

Key Words: *Citrus limonia*. *Citrus sinensis*. Foliar diagnoses. Mineral nutrition. Nutritional relationships.

3.1 Introdução

No cenário mundial, o Brasil destaca-se como principal produtor de laranja, com participação superior a 80% no comércio internacional de suco concentrado congelado. Os valores da exportação deste produto, junto com outros derivados, têm gerado mais de 1,8 bilhões de dólares para o setor citrícola brasileiro (NEVES et al., 2010). Dentre as cultivares comerciais, a Pera destaca-se por atender tanto as exigências da indústria quanto ao mercado in natura. (BREMER NETO et al., 2008; QUAGGIO et al., 2011; SANTANA et al., 2007).

Apesar de a citricultura brasileira ser competitiva, o rendimento tem sido baixo (aproximadamente 11 t ha^{-1}) no Estado do Amazonas quando comparado ao Estado de São Paulo (26 t ha^{-1}) (IBGE, 2011). No Amazonas, a produção concentra-se nos municípios de Manaus e circunvizinhos, entre eles, Iranduba, Rio Preto da Eva, Manacapuru e Presidente Figueiredo (IBGE, 2011). Nessa região, a citricultura, apesar de bem adaptada às condições edafoclimáticas locais carece de informações que permitam o manejo adequado das adubações, sendo agravadas pela insuficiência de práticas conservacionistas para o manejo do solo (COELHO; NASCIMENTO, 2002).

Uma alternativa para aprimorar o manejo das adubações consiste no monitoramento nutricional das glebas, que em espécies cultivadas comercialmente tem sido frequentemente realizado pelos métodos do nível crítico (NC) ou das faixas de suficiência (FS). Por estes métodos comparam-se teores foliares nutricionais de uma gleba comercial com padrões de referência obtidos de plantas sadias e de elevada produtividade, normalmente disponibilizados pela literatura (KURIHARA et al. 2005).

Como exemplo, tem-se os padrões nutricionais disponíveis para glebas de citros cultivados no estado de São Paulo (MALAVOLTA et al., 1994; QUAGGIO et al., 2005). Entretanto, o método das FS apresenta dependência de calibração local, o que reduz a

eficácia do diagnóstico quando se extrapola para condições distintas do local de origem destas referências nutricionais (FAGERIA et al., 2009).

Para diminuir a dependência da calibração local e melhorar a qualidade dos diagnósticos obtidos foi proposto o sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) (BEAUFILS, 1973). Dentre as variações das funções DRIS existe a utilização de relações multivariadas entre os nutrientes, mais conhecido como método da diagnose da composição nutricional – CND (PARENT, 2011). Esse método tem sido frequentemente utilizado, com sucesso, na diagnose do estado nutricional em cultivos comerciais (ANJANEYULU; RAGHUPATHI, 2010; MAGALLANES-QUINTANAR et al., 2004; SERRA et al., 2010).

O uso do DRIS requer também o desenvolvimento de padrões nutricionais, neste caso denominados de normas DRIS. Estas normas devem ser representativas de toda diversidade de condições de manejo e edafoclimáticas da gleba cultivada (BEAUFILS, 1973). Neste sentido, objetivou-se estabelecer normas DRIS multivariadas e avaliar seu desempenho comparativamente aos padrões nutricionais definidos pela literatura na avaliação do estado nutricional de laranjeiras Pera no estado do Amazonas.

3.2 Material e métodos

Cento e vinte glebas comerciais de laranjeiras Pera enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ foram monitoradas quanto ao estado nutricional entre os meses de fevereiro de 2010 a abril de 2011. As glebas selecionadas apresentavam densidade de 208 a 408 plantas ha⁻¹, idade entre 8 a 15 anos e tamanho médio de 1,0 ha, sendo representativos da região produtora de citros no Amazonas, em cinco municípios: Iranduba (03° 17' 06" S e 60° 11' 09" W), Manacapuru (03° 17' 59" S e 60° 37' 14" W); Manaus (03° 06' 00" S e 60°

01' 00" W), Presidente Figueiredo (02° 01' 02" S e 60° 01' 30" W) e Rio Preto da Eva (02° 41' 56" S e 59° 42' 00" W).

O clima da região é classificado como tropical úmido - Af (Köppen), com temperatura média anual de 26°C e precipitação pluvial média de 2550 mm ano⁻¹. O período chuvoso está compreendido entre os meses de dezembro até abril. No primeiro trimestre do ano observa-se o maior acúmulo de chuvas. O período mais quente fica compreendido entre agosto e outubro (SIPAM, 2005).

Em cada gleba monitorada foram amostradas aleatoriamente 16 árvores, correspondendo a um total de 100 folhas recém-amadurecidas, coletadas na terceira posição de lançamento a partir do ápice de ramos, com fruto de seis meses de idade e diâmetro entre 2-4 cm, na face das árvores referentes aos quatro pontos cardeais e sempre na altura mediana da planta (MALAVOLTA et al., 1994). O material vegetal coletado foi acondicionado em sacos de papel e transportado para o laboratório, onde foram lavados, secados, moídos e submetidas às análises dos teores totais N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, empregando-se os métodos sugeridos por MALAVOLTA et al. (1997).

Calculou-se o valor do complemento dos nutrientes para o total da biomassa da folha, denominado de valor R, empregando-se a Equação 1:

$$R = 100 - (vN + vP + vK + vCa + vMg + vS + vB + vCu + vFe + vMn + vZn) \quad \text{(Equação 1)}$$

onde, R representa o conteúdo da matéria e a massa correspondente aos demais nutrientes não avaliados e, vN , vP , vK , vCa , vMg , vS , vB , vCu , vFe , vMn e vZn são os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente, expressos em dag kg⁻¹.

A média geométrica (mGeo) dos teores nutricionais (expressos em dag kg⁻¹) foi calculada para cada amostra foliar, empregando-se a Equação 2:

$$mGeo = (vN \times vP \times vK \times vCa \times vMg \times vS \times vB \times vCu \times vFe \times vMn \times vZn \times R)^{(1/12)} \quad \text{(Equação 2)}$$

Para cada nutriente, determinou-se sua respectiva variável multinutriente (zX) pelo logaritmo neperiano do quociente entre vX e a média geométrica ($mGeo$) dos teores nutricionais empregando-se a Equação 3:

$$zX = \ln (vX/mGeo) \quad \text{(Equação 3)}$$

Em que, zX representa o valor da relação multivariada de cada um dos nutrientes avaliados (zN , zP , zK , zCa , zMg , zS , zB , zCu , zFe , zMn e zZn).

Com os valores das relações multivariadas de cada gleba, calculou-se para o conjunto da população monitorada os parâmetros descritivos: média aritmética (mX), desvio padrão (sX) e coeficiente de variação, determinando-se as normas DRIS de relações multivariadas. A utilização de todo o conjunto de dados para a obtenção das normas DRIS traz como benefícios maior representatividade e melhor estimativa dos parâmetros populacionais (BEVERLY, 1993).

Os índices DRIS multivariados para cada nutriente na respectiva gleba, foram calculados pela relação multivariada log-centrada (PARENT, 2011), empregando-se a Equação 4:

$$I_X = (Zx - mX)/sX \quad \text{(Equação 4)}$$

Sendo que, I_X , mX e sX representam o índice DRIS de relação multivariada, a norma média e a norma desvio padrão para os nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn.

Calculou-se também o índice de balanço nutricional médio (IBNm), empregando-se a Equação 5:

$$IBNm = (|I_N| + |I_P| + |I_K| + |I_{Ca}| + |I_{Mg}| + |I_S| + |I_B| + |I_{Cu}| + |I_{Fe}| + |I_{Mn}| + |I_{Zn}|)/11 \quad \text{(Equação 5)}$$

O nutriente foi considerado nutricionalmente equilibrado quando seu índice DRIS em módulo foi menor que o IBNm. Insuficiente quando seu índice DRIS em módulo foi simultaneamente maior que o IBNm e menor que zero. E, em excesso nutricional ou consumo

de luxo quando seu índice DRIS em módulo foi maior que o IBNm e maior que zero, simultaneamente (WADT, 2005).

Paralelamente, para cada nutriente obteve-se também avaliação do estado nutricional das glebas monitoradas, utilizando-se do método das FS propostas pela literatura para efeito comparativo com os diagnósticos proporcionados pelo DRIS. As FS propostas pela literatura (MALAVOLTA et al., 1994; QUAGGIO et al., 2005) estão contidas na Tabela 6. Estas faixas foram adotadas, por serem utilizadas rotineiramente na região do presente estudo, como também em outros estados brasileiros (BOARETTO et al., 2007; FERNANDES et al., 2010; SANTANA et al., 2008).

Tabela 6. Faixas de suficiência nutricional definidas pela literatura para avaliação do estado nutricional de laranjeiras em fase de produção.

Nutrientes	Quaggio et al. (2005)			Malavolta et al. (1994)		
	Insuficiente	Equilibrado	Excesso	Insuficiente	Equilibrado	Excesso
	g kg^{-1}					
N	< 23	23 – 27	> 27	< 24	24 – 26	> 30
P	< 1,2	1,2 – 1,6	> 1,6	< 1,2	1,2 – 1,7	> 2,9
K	< 10	10 – 15	> 15	< 10	10 – 14	> 14
Ca	< 35	35 – 45	> 45	< 35	35 – 40	> 40
Mg	< 3	3 – 4	> 4	< 2,5	2,5 – 3	> 3
S	< 2	2 – 3	> 3	< 2	2 - 2,5	> 2,5
	mg kg^{-1}					
B	< 50	50 – 100	> 100	< 60	60 – 140	> 140
Cu	< 4	4,1-10	> 10	< 10	10 – 30	> 30
Fe	< 49	50-120	> 120	< 130	130 – 300	> 300
Mn	< 34	35-50	> 50	< 25	25 – 49	> 49
Zn	< 34	35-50	> 50	< 25	25 – 49	> 49

Para interpretação dos teores nutricionais nas glebas monitoradas, adotaram-se três estados nutricionais, sendo: i) Equilibrado, quando a concentração do nutriente no tecido foliar se encontra entre o intervalo definido como ideal para cultura. ii) Insuficiente, quando a concentração do nutriente no tecido foliar se encontra abaixo do intervalo definido como ideal para cultura. iii) Excesso nutricional ou consumo de luxo, quando a

concentração do nutriente no tecido foliar se encontra acima do intervalo definido como ideal para cultura.

A frequência de distribuição das glebas monitoradas em relação a cada estado nutricional, diagnosticadas pelo DRIS e pelas FS, foram contrastadas entre si pelo teste quiquadrado (χ^2), ao nível de 1% de probabilidade. Os diagnósticos das glebas monitoradas foram comparados quanto ao grau de concordância relativo a cada método de avaliação (DRIS e FS), computando-se para cada gleba e nutriente, os casos de concordância. Foram considerados concordantes quando dois diferentes métodos ou duas faixas distintas de suficiência resultaram no mesmo diagnóstico, expressando-se os resultados em percentagem de diagnósticos corretos.

Quantificou-se ainda, o número de vezes que os nutrientes apresentaram índices DRIS multivariados mais negativos e mais positivos, nas glebas, a partir das normas DRIS estabelecidas neste trabalho. O cálculo das normas, funções, índices DRIS multivariados e teste quiquadrado (χ^2) foram realizados em planilha eletrônica. As análises estatísticas descritivas: mínimo, máximo, média, desvio padrão, coeficientes de curtose, simetria e variação, pelo programa estatístico Assistat versão 6.2 (SILVA; AZEVEDO, 2002).

3.3 Resultados e discussão

Ca, N e K, nesta ordem são requeridos em maiores quantidades nos tecidos foliares de laranjeiras Pera, enquanto que P, Mg e S são exigidos praticamente na mesma ordem de grandeza (0,8 a 6,5 g kg⁻¹) (Tabela 7). A concentração de Ca, particularmente em folhas de citros, já relatada por Quaggio et al. (2005) sendo superior a dos outros nutrientes, incluindo N em todos os tecidos, com exceção dos frutos.

Tabela 7. Mínimo (Mín.), máximo (Máx.), média, desvio padrão (sX), coeficientes de curtose (CC), simetria (CS) e variação (CV) das concentrações de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn nas 120 glebas de laranjeiras Pera monitoradas no estado do Amazonas.

Nutrientes	Mín.	Máx.	Média	sX	CC	CS	CV (%)
N (g kg ⁻¹)	10,0	36,0	29,1	3,3	8,6	-1,92	11,5
P (g kg ⁻¹)	1,0	2,9	1,7	0,3	1,1	0,88	20,3
K (g kg ⁻¹)	2,0	15,2	7,5	3,3	-1,1	0,04	44,4
Ca (g kg ⁻¹)	15,6	48,1	28,6	6,9	0,1	0,68	24,4
Mg (g kg ⁻¹)	1,5	6,5	4,1	2,1	64,6	6,89	50,2
S (g kg ⁻¹)	0,8	3,3	1,8	0,5	-0,1	0,58	26,2
B (mg kg ⁻¹)	15,5	115,7	51,1	17,9	1,0	0,59	34,9
Cu (mg kg ⁻¹)	2,0	77,2	14,2	16,3	6,3	2,65	114,9
Fe (mg kg ⁻¹)	42,3	381,7	105,5	135,2	51,7	7,01	128,1
Mn (mg kg ⁻¹)	3,83	29,0	13,26	4,78	0,9	0,89	36,1
Zn (mg kg ⁻¹)	9,2	43,7	16,56	5,75	5,3	2,10	35,3

Os coeficientes de curtose foram negativos para K e S, indicando que a distribuição é mais achatada que a normal (platicúrtica). A curtose é uma medida do grau de achatamento de uma distribuição em relação à curva normal. De modo semelhante, o coeficiente de simetria foi negativo para N. A simetria é uma medida da forma de distribuição dos dados quanto à distribuição da curva normal, indicando neste caso, que a cauda desta curva é viesada à esquerda (FREITAS et al., 2008). Observa-se também maior coeficiente de variação (CV) para os teores foliares de Fe, Cu e Mg, nesta ordem, e menor CV para N (Tabela 7). Quando se pretende estimar FS a partir da população que deu origem as normas DRIS, infere-se que quanto maior for o CV, proporcionalmente será a amplitude da faixa crítica (PARTELLI et al., 2006a).

Para o estabelecimento das normas DRIS multivariadas optou-se pela utilização do conjunto de dados da população, conforme já proposto para cupuaçueiros (DIAS et al., 2010a; DIAS et al., 2010b; WADT et al., 2011) e mangueiras (WADT; SILVA, 2010). Nestas normas valores positivos ou negativos indicam apenas o valor da média aritmética das relações multivariadas, não havendo nenhuma relação com o estado nutricional das glebas monitoradas (Tabela 8).

Tabela 8. Normas DRIS multivariadas log centradas (média, desvio padrão e coeficiente de variação) para N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn Zn e complemento da matéria seca (MS) para laranja Pera no estado do Amazonas.

Norma DRIS	Média	Desvio padrão	Coef. de variação (%)
mN	3,42	0,15	4,46
mP	0,57	0,23	39,93
mK	1,96	0,49	24,89
mCa	3,39	0,26	7,57
mMg	1,41	0,37	26,07
mS	0,65	0,21	32,77
mB	-2,98	0,35	11,91
mCu	-4,54	0,66	14,51
mFe	-2,37	0,47	19,75
mMn	-4,32	0,33	7,55
mZn	-4,08	0,23	5,56
mMS	6,89	0,12	1,75
ΣmX	0	-	-

A utilização de normas DRIS genéricas, como as obtidas neste trabalho, tem sido questionada por diversos autores. Partelli et al. (2006b) ao compararem normas DRIS específicas entre si no diagnóstico nutricional de cafeeiros orgânicos e convencionais, indicam especificidade das normas DRIS. Esse entendimento tem sido compartilhado por inúmeros outros autores, os quais têm desenvolvido normas DRIS específicas para determinada região ou locais (ARIZALETA et al., 2002; BARBOSA et al., 2006; LANA et al., 2010).

Por outro lado, Dias et al. (2010a) ao avaliarem normas DRIS genéricas, obtidas de pomares de cupuaqueiros cultivados em sistemas agroflorestais e em monocultivo, observaram diagnósticos semelhantes aos obtidos por normas específicas. Dias et al. (2010b) sugerem que para fruteiras na Amazônia as normas DRIS sejam genéricas, pois a busca por normas específicas pode inviabilizar o sistema, devido a grande diversidade de condições. Destaca-se que as normas DRIS precisam ser representativas da população a ser diagnosticada (BEAUFILS, 1973). E, quanto maior o número de dados envolvidos na obtenção dos padrões de referência, melhor será a representatividade da norma DRIS junto às plantas a serem diagnosticadas.

A distribuição das frequências entre as classes nutricionais (insuficiente, equilibrado e excesso) a partir dos resultados deste trabalho foram distintas para todos os nutrientes quando contrastadas às FS propostas pela literatura. Entretanto quando comparou-se entre si as FS definidas pela literatura, a proporção de glebas insuficientes, equilibradas e com excesso nutricional foram semelhantes para N, K, S e Mn (Tabela 9).

Tabela 9. Frequência em que as glebas monitoradas apresentaram estado de deficiência, equilíbrio e excesso nutricional, de acordo com a avaliação do estado nutricional de laranja Pera, pelo uso do DRIS de relações multivariadas (este trabalho) e por faixas de suficiência descritas por Malavolta et al. (1994) (GPACC) e Quaggio et al. (2005) (SP).

Métodos de diagnóstico	Frequência (%)			Quiquadrado
	Insuficiência	Equilíbrio	Excesso	
Nitrogênio				
Este trabalho	16	60	24	215* ⁽²⁾
GPACC	3	12	85	292* ⁽³⁾
SP	2	20	68	4 ^{ns(4)}
Fósforo				
Este trabalho	23	57	20	167* ⁽²⁾
GPACC	3	59	37	141* ⁽³⁾
SP	3	39	58	18* ⁽⁴⁾
Potássio				
Este trabalho	28	38	34	1127* ⁽²⁾
GPACC	75	22	3	361* ⁽³⁾
SP	75	24	1	4 ^{ns(4)}
Cálcio				
Este trabalho	26	49	25	258* ⁽²⁾
GPACC	81	12	7	198* ⁽³⁾
SP	80	17	3	7** ⁽⁴⁾
Magnésio				
Este trabalho	20	50	30	22* ⁽²⁾
GPACC	9	9	82	233* ⁽³⁾
SP	19	30	51	39* ⁽⁴⁾
Enxofre				
Este trabalho	22	59	19	377* ⁽²⁾
GPACC	67	32	1	377* ⁽³⁾
SP	67	32	1	0 ^{ns(4)}
Boro				
Este trabalho	22	55	23	499* ⁽²⁾
GPACC	72	27	1	548* ⁽³⁾
SP	49	50	1	21* ⁽⁴⁾
Cobre				
Este trabalho	18	64	18	42* ⁽²⁾
GPACC	65	24	11	105* ⁽³⁾
SP	5	60	35	738* ⁽⁴⁾
Ferro				
Este trabalho	22	69	9	124* ⁽²⁾
GPACC	93	5	3	898* ⁽³⁾
SP	3	87	10	2784* ⁽⁴⁾
Manganês				
Este trabalho	20	58	22	3752* ⁽²⁾
GPACC	97	2	1	2070* ⁽³⁾
SP	98	1	1	1 ^{ns(4)}
Zinco				
Este trabalho	21	60	19	2066* ⁽²⁾
GPACC	90	9	1	666* ⁽³⁾
SP	97	2	1	25* ⁽⁴⁾

^{ns} - Não significativo. *e ** - Significativo pelo teste de Qui-quadrado, a 5 e 1%, respectivamente. ² - (Este trabalho Vs. SP). ³ - (GPCAC Vs. Este trabalho). ⁴ - (GPCAC Vs. SP)

As semelhanças nas frequências entre as classes nutricionais, utilizando-se FS definidas pela literatura para N, K, S e Mn justifica-se pelas condições edafoclimáticas semelhantes, nas

quais os padrões nutricionais foram obtidos. Destaca-se que o estabelecimento de padrões nutricionais regionais, como os obtidos neste trabalho é particularmente importante, pois o diagnóstico nutricional torna-se mais confiável quando comparado a teores críticos não regionalizados. A determinação de normas DRIS locais possibilita ainda, a determinação de FS a partir da sua população de referência, conforme já obtido para outras culturas, destacando-se café (FARNEZI et al., 2009; PARTELLI et al., 2006a), soja (URANO et al., 2007), algodão (SERRA et al., 2010), arroz (GUINDANI et al., 2009) e eucalipto (WADT et al., 1998).

Comparando-se cada um dos diagnósticos obtidos para cada nutriente pelo método DRIS em relação às FS da literatura, verifica-se que o grau de concordância foi baixo para maioria dos nutrientes. Por outro lado, contrastando entre si as FS da literatura, observa-se para N, P, K, Ca, S, B, Mn e Zn o grau de concordância foi superior a 80% (Tabela 10).

Tabela 10. Grau de concordância, em percentagem, entre os diagnósticos de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn obtidos pelo uso do DRIS de relações multivariadas e por faixas de suficiência nutricional (MALAVOLTA et al. 1994; QUAGGIO et al., 2005) em 120 glebas de laranjeiras Pera no estado do Amazonas.

Nutrientes	Diagnóstico comparativo entre métodos de interpretação de análise foliar		
	DRIS Vs. Malavolta	DRIS Vs. Quaggio	Malavolta Vs. Quaggio
	-----%-----		
N	35	41	91
P	62	49	81
K	37	35	96
Ca	33	29	95
Mg	43	62	59
S	37	39	94
B	41	52	81
Cu	46	67	16
Fé	26	76	7
Mn	18	18	98
Zn	7	7	93
Média	35	43	74

Ainda, o diagnóstico pelo DRIS em comparação a FS proposta por Malavolta et al. (1994) mostraram maior grau de concordância para P e menor para Zn. Já para o contraste do DRIS em relação à FS definida por Quaggio et al. (2005), a maior e menor concordância entre

os diagnósticos foram para Fe e Zn, respectivamente. Wadt et al. (2011) avaliando entre si três métodos de diagnose na avaliação do estado nutricional de cupuaqueiros, observaram alto grau de concordância entre duas funções DRIS. Entretanto a frequência nos casos de insuficiência foi aleatória para maioria dos nutrientes, sugerindo que a elevada concordância entre diagnósticos produzidos por distintos métodos pode não implicar, necessariamente em uma avaliação adequada para o estado nutricional.

Como o índice DRIS avalia o quanto determinado nutriente afeta no desempenho nutricional da planta à medida que se distancia do valor zero (WALWORTH; SUMNER, 1987). Na Tabela 11, verifica-se que os elementos com índices DRIS mais negativos nas glebas seguiram a ordem $K > P = B > Mn > Mg > Cu = Fe > S > Ca > N > Zn$ e, os nutrientes com índices DRIS mais positivos, em ordem decrescente foram $K > S > Zn > Cu > = Mg > Mn > Ca > B > P > Fe > N$.

Tabela 11. Frequência de nutrientes com índice DRIS mais negativo (+ NE) e mais positivo (+ PO), nas 120 glebas de laranjeiras Pera monitoradas no estado do Amazonas, utilizando-se normas DRIS multivariadas na avaliação do estado nutricional.

Nutrientes	Frequência	
	+ NE	+ PO
N	5	2
P	15	6
K	22	22
Ca	7	10
Mg	12	13
S	8	18
B	15	7
Cu	9	13
Fé	9	4
Mn	14	11
Zn	4	14

É interessante destacar que independente do método utilizado para o diagnóstico nutricional (DRIS e FS), o K foi apontado frequentemente sob desequilíbrio nutricional, tanto por insuficiência ou excesso nutricional (Tabela 9). Isto sugere relevância para o K no manejo da adubação, principalmente por ser um elemento responsivo à sua aplicação em outras regiões (MATTOS JUNIOR et al., 2010; QUAGGIO et al., 2006; 2011).

A ausência de adubações equilibradas nestas glebas, pode estar causando uma situação generalizada de deficiência de K nestes solos, de modo a refletir nas normas DRIS. Situação semelhante já foi evidenciada por Dias et al. (2011) para P em pomares de cupuaçueiros na região amazônica. Nesse sentido, a norma DRIS para K (Tabela 8) poderia ser superior e, conseqüentemente, a proporção de plantas insuficientes poderia ser maior que a apresentada neste trabalho.

3.4 Conclusões

Em mais de 50% das glebas monitoradas, os nutrientes K, Ca, Mg, B, Mn e Zn foram, nesta ordem, os elementos que se encontram em maior desequilíbrio nutricional por deficiência ou excesso a partir de normas genéricas com o uso do método DRIS de relações multivariadas.

O método DRIS de relações multivariadas, conjugado a utilização de normas genéricas apresentou baixo grau de concordância em contraste às faixas críticas propostas pela literatura concernente à avaliação do estado nutricional de laranjeira Pera na Amazônia central.

REFERÊNCIAS

ANJANEYULU, K.; RAGHUPATHI, H. B. Multivariate diagnosis of nutrient imbalance in rose grown under open and protected conditions using compositional nutrient diagnosis and principal component analysis. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, New Delhi v. 80, n. 12, p. 1068-1061, dez. 2010.

ARIZALETA, M.; RODRIGUEZ, O.; RODRIGUEZ, V. Relación de los índices DRIS, índices de balance de nutrientes, contenido foliar de nutrientes y el rendimiento del café en Venezuela, *Bioagro, Barquisimeto*, v. 14, n.1, p. 153-159, jan./mar. 2002.

BARBOSA, D. H. S. G. et al. Estabelecimento de normas DRIS e diagnóstico nutricional do café arábica na região noroeste do Estado do Rio de Janeiro. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 1717-1722. abr./jun. 2006.

BEAUFILS, E. R. *Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS)*. Bloemfontein: University of Natal, 1973. 132 p.

BEVERLY, R. B. DRIS Diagnoses of soybean nitrogen, phosphorus, and potassium status are unsatisfactory. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v. 16, n. 1, p. 1431-1447, jan. 1993.

BOARETTO, R. M. et al. Acúmulo de nutrientes e destino do nitrogênio (^{15}N) aplicado em pomar jovem de laranja. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 600-605, jun./set. 2007.

BREMER NETO, H. et al. Estado nutricional e produção de laranja 'Pêra' em função da vegetação intercalar e cobertura morta. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 43, n.1, p. 25-35, jan. 2008.

COELHO, T. da S.; NACIMENTO, H.G. do. *Citricultura no Amazonas: problemas, potencial produtivo e qualidade dos frutos*. Cruz das Almas: Embrapa mandioca e Fruticultura, 2002. 2 p. (Citros em foco, 26).

DIAS, J. R. M. et al. Normas DRIS para cupuaçuzeiro cultivado em monocultivo e em sistemas agroflorestais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 45, n. 1, p. 64-71, jan. 2010a.

DIAS, J. R. M. et al. Potencial de resposta a adubação para N, P, K, Ca e Mg em cupuaçuzeiros avaliados por diferentes normas DRIS. *Acta Amazônica*, Manaus, v. 41, n. 1, p. 77-82, jan./mar. 2011.

DIAS, J. R. M. et al. Estabelecimento de normas DRIS para o cupuaçueiro na região amazônica. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 23, n. 4, p. 121-128, out./dez. 2010b.

FAGERIA, N. K. et al. Foliar fertilization of crop plants. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v. 32, n.3, p. 1044-1064, mar. 2009.

FARNEZI, M. M. M. et al. Diagnose nutricional de cafeeiros da região do Alto Jequitinhonha (MG): Normas DRIS e faixas críticas de nutrientes. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa – MG, v. 33, n. 4, p. 969-978, abr. 2009.

FERNANDES, A. R. et al. Estado nutricional de pomares de laranjeira submetidos a diferentes manejos do solo. *Revista de Ciências Agrárias*, Belém, v. 53,n.3, p. 52-58, 2010.

FREITAS, R. de F. et al. Técnicas de análises exploratórias em dados de cultivares de alfafa. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa – MG, v.37, n.9, p. 1531-1536, set. 2008.

GUINDANI, R. H. P. et al. DRIS na avaliação do estado nutricional do arroz irrigado por inundação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 22, n.1, p. 109-118, jan. 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção agrícola estadual 2010: culturas permanentes. Rio de Janeiro: IBGE. 91 p. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=am&tema=lavourapermanente2010>>. Acesso em: 04 Mar. 2012.

KURIHARA, C. H. et al. Interpretação de resultados de análise foliar. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Colombo; Embrapa Floresta, 2005. 42 p. (Documentos, 74).

LANA, R. M. Q. et al. Levantamento do estado nutricional de plantas de *Coffea arabica* L. pelo DRIS, na região do Alto Paranaíba - Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa – Mg, v. 34, n.1, p. 1147-1156, jan. 2010.

MAGALLANES-QUINTANAR, R et al. Compositional Nutrient Diagnosis In Nopal (*Opuntia ficus-indica*). *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, New York, v. 6, n. 1 p. 78-89, jan. 2004.

MALAVOLTA, E. et al. Seja o doutor dos seus citros. São Paulo: Potafos, 1994. 22 p. (Arquivo do Agrônomo, 04).

MALAVOLTA, E. et al. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

MATTOS JUNIOR, D. et al. Soil nutrient availability and its impact on fruit quality of tahiti acid lime. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 32, n.1, p. 335-342, jan. 2010.

NEVES, M. F. et al. O retrato da citricultura brasileira. Ribeirão Preto: CitrusBR, 2010. 137 p.

PARTELLI, F. L. et al., Nutritional diagnosis of the organic conilon coffee trees (*Coffea canephora* Pierre ex Froehn): sufficiency range approach for leaves and soil. *Coffee Science*, Lavras, v. 1, n. 1, p. 43-49, jan./mar.2006.

PARTELLI, F. L. et al. Esbecimento de normas DRIS em cafeeiro conilon orgânico e convencional no Estado do Espírito Santo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa – MG, v. 30, n. 3, p. 20-25, jul./ago. 2006.

QUAGGIO, J.A.; MATTOS JUNIOR, D.; BOARETTO, R. M. Sources and rates of potassium for sweet orange production. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 68, n.1, p. 369-375, jan. 2011.

QUAGGIO, J.A.; MATTOS JUNIOR, D.; CANTARELLA, H. Fruit yield and quality of sweet oranges affected by nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization in tropical soils. *Fruits*, United Kingdom, v. 61, n.1, p. 1-10, jan./abr. 2006.

QUAGGIO, J.A. et al. Manejo da fertilidade do solo na citricultura. In: MATTOS JUNIOR, D. et al. (Eds). *Citrus*. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2005. cap. 12, p. 483-507.

SANTANA, J. Das G. et al. Estado nutricional da laranja pêra na região central do estado de Goiás avaliada pelas análises foliar e do solo. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 23, n. 1, p. 40-49, jan./mar. 2007.

SANTANA, J. das G. et al. Normas DRIS para interpretação de análises de folha e solo, em laranjeira pêra, na região central de Goiás. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 38, n.1, p 109-117, jan./mar. 2008.

SERRA, A. P. et al. Desenvolvimento de normas DRIS e CND e avaliação do estado nutricional da cultura do algodoeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa – MG, v. 34, n.1, p. 105-113, jan./mar. 2010.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional assistat para o sistema operacional windows. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustrial*, Campina Grande, v. 4, n.1, p. 71-78, jan./mar. 2002.

SISTEMA DE PROTEÇÃO DA AMAZÔNIA (SIPAM). Boletim climático da Amazônia. Manaus: Divisão de meteorologia, 2005, 2 p.

URANO, E. O. M. et al. 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, Viçosa – MG, v. 31, n.1, p. 63-72, jan./mar.2007.

WADT, P. G. S. Relationships between soil class and nutritional status of coffee crops. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa – MG, v. 29, n.1, p. 227-234, jan./abr. 2005.

WADT, P. G. S. et al. Fórmulas DRIS para o diagnóstico nutricional de pomares de cupuaçueiros. Bragantia, Campinas, v. 70, n. 3, p. 649-656, jul./set. 2011.

WADT, P. G. S. et al. Valores de referência para macronutrientes em eucalipto obtidos pelos métodos DRIS e chance matemática. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa – MG, v. 34, n. 1, p. 685-692, jan./mar. 1998.

WADT, P. G. S.; SILVA, D. J. Acurácia do diagnóstico nutricional de pomares de mangueiras obtido por três fórmulas DRIS. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 45, n. 10, p. 1180-1188, out. 2010.

WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). Advances in Soil Sciences, New York, v.12, n. 6, p.149-188, june. 1987.

4 CAPÍTULO II:
NÍVEIS CRÍTICOS E FAIXAS DE SUFICIÊNCIA NUTRICIONAL EM
LARANJEIRA PERA NA AMAZÔNIA CENTRAL OBTIDAS PELO
MÉTODO DRIS

RESUMO

A avaliação do estado nutricional da laranjeira depende da definição de valores de referência que sejam adequados para refletir suas condições nutricionais. Neste trabalho, objetivou-se determinar os valores de referências e avaliar o estado nutricional de laranjeiras Pera em diversas glebas na Amazônia Central (municípios de Iranduba, Manacapuru, Manaus, Presidente Figueiredo e Rio Preto da Eva). Utilizou-se o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação de relações multivariadas (DRIS) para estabelecer os valores de referência nutricional. O diagnóstico nutricional de 120 glebas comerciais de laranjeiras Pera, enxertadas em limoeiro cravo foram avaliadas pelas faixas de suficiência definidas a partir do conjunto de plantas nutricionalmente equilibradas. Para os macronutrientes, as faixas de suficiência nutricional foram (g kg^{-1}): 28-30 (para nitrogênio, N); 1,6-1,7 (fósforo, P); 7-9 (potássio, K); 26-29 (cálcio, Ca); 3,4-4 (magnésio, Mg); 1,7-2 (enxofre, S) e para os micronutrientes (mg kg^{-1}): 47-56 (boro, B); 8-10 (cobre, Cu); 84-93 (ferro, Fe); 12-13 (manganês, Mn); 14-16 (zinco, Zn). Para os macronutrientes, os níveis críticos foram (g kg^{-1}): 28 (para N); 1,6 (P); 7 (K); 26 (Ca); 3,6 (Mg); 1,7 (S) e para os micronutrientes (mg kg^{-1}): 47 (B); 8 (Cu); 84 (Fe); 12 (Mn); 14 para Zn. Padrões nutricionais obtidos pelo DRIS discordam das faixas de suficiência propostas pela literatura para maioria dos nutrientes. Em quase 50% das glebas monitoradas, P, K, Ca, S, B, Cu e Fe estão abaixo dos níveis críticos propostos neste trabalho. Isto sugere que os produtores de laranja na Amazônia Central deveriam atentar-se para estes elementos no planejamento das fertilizações.

Palavras-chave: *Citrus sinensis*, estado nutricional, diagnose foliar, monitoramento nutricional.

ABSTRACT

The nutritional status of orange is dependent on its nutritional condition evaluated through appropriate reference values. The objective of this work was to assess the nutrient reference values and evaluate the nutritional status of sweet orange in several orchard fields of Central Amazonia (municipalities of Iranduba, Manacapuru, Manaus, Presidente Figueiredo and Rio Preto da Eva). We used the Diagnosis and Recommendation Integrated System for multivariate relations (DRIS) method to establish the nutrient reference values. The nutritional status of 120 commercial orchards of orange grafted on rangpur lime was evaluated by the sufficiency ranges defined from the set of nutritionally balanced plants. For macronutrients, the nutritional sufficiency ranges were (g kg^{-1}): 28-30 (for nitrogen, N); 1.6-1.7 (phosphorus, P); 7-9 (potassium, K); 26-29 (calcium, Ca); 3.6-4.0 (magnesium, Mg); 1.7-2.0 (sulfur – S) and for micronutrients (mg kg^{-1}): 47-56 (boron, B); 8-10 (copper, Cu); 84-93 (iron, Fe); 12-13 (manganese, Mn); 14-16 (zinc, Zn). For macronutrients, the critical levels were (g kg^{-1}): 28 (for N); 1.6 (P); 7 (K); 26 (Ca); 3.6 (Mg); 1.7 (S) and for micronutrients (mg kg^{-1}): 47 (B); 8 (Cu); 84 (Fe); 12 (Mn) and 14 for Zn. Nutritional standards obtained by the DRIS methods are in disagreement with the normal ranges proposed in the literature for most nutrients. About 50% of orchards, the elements P, K, Ca, S, B, Cu and Fe were found below the critical levels. This suggests that orange producers in Central Amazonia should pay more attention to these elements when planning fertilization practices.

Keywords: *Citrus sinensis*, nutritional status, foliar analysis, nutritional monitoring.

4.1 Introdução

O estado nutricional de uma planta pode ser estabelecido comparando a concentração de determinado nutriente no tecido de um determinado órgão, como folhas, seiva ou pecíolos, com a concentração do mesmo nutriente em plantas saudáveis e produtivas, ao que denomina-se valor de referência ou valor nutricional padrão. Quando o valor padrão corresponde ao teor do nutriente a partir do qual o nível produtivo da cultura será igual ou maior que 90% da produtividade máxima, denomina-se de nível crítico (NC). Comumente se adotada uma amplitude de valores com nível produtivo igual ou superior a 90% da produtividade máxima, denomina-se faixas de suficiência (FS) (KURIHARA et al., 2005).

No diagnóstico nutricional comparando-se os teores dos nutrientes com um dado NC ou FS não considera as interações entre os nutrientes ou as condições de crescimento das plantas, motivo pelo qual faz-se necessário que todas as demais condições, exceto o nutriente em análise, sejam controlados e mantidos em condições de disponibilidade ótima. Por isto, as condições de crescimento das plantas a serem avaliadas devem ser semelhantes às aquelas utilizadas para a obtenção da curva de calibração, utilizadas para a obtenção dos valores padrões (NC ou FS), no que diz respeito às condições edafoclimáticas, à idade das plantas e do tecido, ao tipo de material genético, à posição do tecido na planta e disponibilidade dos demais nutrientes (FAGERIA et al., 2009).

No Brasil, os valores de referência nutricional para laranjeiras limitam-se às condições ecofisiológicas predominantes no estado de São Paulo (MALAVOLTA et al., 1994; QUAGGIO et al., 2005), apesar de muitas vezes serem extrapoladas para outros Estados (FERNANDES et al., 2010; SANTANA et al., 2007). Estes valores de referência não regionalizados podem resultar em imprecisões na avaliação do estado nutricional das plantas cultivadas (LANA et al., 2010).

Devido à complexidade para a obtenção dos valores padrões para a avaliação do estado nutricional em culturas comerciais, uma alternativa tem sido a derivação dos valores padrões a partir de plantas consideradas nutricionalmente equilibradas pelo método do DRIS, como já obtido para outras culturas, incluindo laranjeiras (CAMACHO et al., 2012; SANTANA et al., 2008).

Na Amazônia central, a citricultura consiste em uma importante atividade para a economia regional, com índices elevados de crescimento nos últimos dez anos, superando 2,8 mil hectares plantados. Neste período, o Amazonas assumiu posição de destaque, como segundo maior produtor da região Norte (IBGE, 2011). Contudo mesmo a laranjeira Pera sendo bem adaptada às condições edafoclimáticas locais, informações sobre seu estado nutricional e demanda de nutrientes ainda são carentes na região, fato que contribui para o baixo nível tecnológico desta atividade. Neste sentido, objetivou-se determinar padrões nutricionais e avaliar o estado nutricional de laranjeiras Pera no Estado do Amazonas, utilizando o método DRIS.

4.2 Material e métodos

Cento e vinte glebas comerciais de laranjeiras Pera (*Citrus sinensis* L. Osbeck) enxertadas em limoeiro cravo (*Citrus limonia* Osbeck), com população de 208 a 408 plantas ha⁻¹ e idade entre 8 a 15 anos, amostradas na região produtora de citros no Amazonas, nos municípios: Iranduba (03° 17' 06" S e 60° 11' 09" W), Manacapuru (03° 17' 59" S e 60° 37' 14" W); Manaus (03° 06' 00" S e 60° 01' 00" W), Presidente Figueiredo (02° 01' 02" S e 60° 01' 30" W) e Rio Preto da Eva (02° 41' 56" S e 59° 42' 00" W) foram monitoradas quanto ao estado nutricional, entre os meses de fevereiro de 2010 a abril de 2011. As características do solo nas áreas estudadas estão contidas na Tabela 12.

Tabela 12. Valores médios, desvio padrão (sX), mínimo (Mín.) e máximo (Máx.) das características do solo nas glebas de laranjeiras Pera monitoradas, nos municípios: Iranduba, Manacapuru, Manaus, Presidente Figueiredo e Rio Preto da Eva, estado do Amazonas.

Valores	pH	H+Al	Al	Ca	Mg	P	K	S	MO	Arg.
		-----($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)-----				-----(mg dm^{-3})-----			g kg^{-1}	%
Iranduba										
Média	4,99	1,76	0,58	1,68	1,05	3,98	37,75	21,62	26,46	46
sX	0,69	0,49	0,30	0,55	0,34	1,11	7,33	3,45	8,15	1,27
Mín.	4,16	1,10	0,15	1,00	0,70	2,13	30,00	17,35	14,70	43
Máx.	6,80	2,71	1,20	2,85	1,85	6,93	54,00	26,61	38,00	48
Manacapuru										
Média	4,59	3,73	1,58	1,12	0,77	5,15	26,88	27,22	22,73	52
sX	0,43	0,19	0,34	0,14	0,17	0,96	4,30	3,19	4,42	2,28
Mín.	4,02	3,45	0,60	0,90	0,55	3,49	22,00	20,29	14,70	48
Máx.	4,99	3,99	2,05	1,30	1,15	6,46	38,00	31,45	29,40	55
Manaus										
Média	4,98	1,53	0,40	2,06	1,11	5,19	35,00	24,22	43,79	55
sX	0,33	0,27	0,16	0,40	0,13	1,52	5,06	6,24	2,13	7,04
Mín.	4,45	1,00	0,15	1,50	0,90	3,06	26,00	15,25	40,70	46
Máx.	5,65	1,91	0,75	2,80	1,40	7,96	48,00	36,14	48,70	65
Presidente Figueiredo										
Média	4,60	2,13	0,68	1,56	0,88	3,21	31,38	28,39	20,54	47
sX	0,30	0,21	0,21	0,31	0,14	0,50	3,77	6,03	7,51	5,81
Mín.	4,13	1,75	0,25	1,15	0,60	2,33	22,00	17,78	13,50	37
Máx.	4,98	2,60	0,95	2,05	1,10	3,93	38,00	38,09	36,40	54
Rio Preto da Eva										
Média	5,06	1,83	0,86	1,54	0,83	4,33	36,63	23,77	19,71	72
sX	0,26	0,52	0,48	0,23	0,16	0,29	8,29	3,35	5,41	2,13
Mín.	4,91	1,10	0,20	1,05	0,55	4,01	20,00	18,29	13,20	68
Máx.	5,84	2,90	1,75	1,80	1,10	4,96	48,00	28,09	28,80	75

O clima da região classifica-se como Tropical Chuvoso – Af (Köppen), com temperatura média anual de 26 °C e precipitação pluvial média de 2.550 mm ano⁻¹. O período chuvoso compreende os meses de dezembro a abril, com acúmulo de chuvas no primeiro trimestre do ano e o período mais quente compreende os meses de agosto e outubro (SIPAM, 2005).

Para cada gleba monitorada foram amostradas aleatoriamente dezesseis árvores, onde coletou-se um total de cem folhas recém amadurecidas, tomadas na terceira posição de lançamento a partir do ápice de ramos com fruto de seis meses de idade e diâmetro entre 2 e 4 cm, na face das árvores referentes aos quatro pontos cardeais e sempre na altura mediana da planta. O material vegetal coletado foi acondicionado em sacos de papel

e transportado para o laboratório, onde foram lavados, secados, moídos e submetidas às análises dos teores totais de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn (MALAVOLTA et al., 1997).

Após obtenção dos dados analíticos das concentrações foliares, utilizou-se o método DRIS de relações multivariadas para identificação das glebas nutricionalmente equilibradas (população de referência). Para tanto, os teores dos nutrientes foram ajustados para decagrama por quilograma (dag kg^{-1}).

A seguir, calculou-se o valor do complemento dos nutrientes para o total da biomassa da folha, denominado de valor R, conforme a expressão: $R = 100 - (vN + vP + vK + vCa + vMg + vS + vB + vCu + vFe + vMn + vZn)$. Assim, R representa o conteúdo da matéria e a massa correspondente aos demais nutrientes não avaliados e, vN, vP, vK, vCa, vMg, vS, vB, vCu, vFe, vMn e vZn são os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente, expressos em dag kg^{-1} . Ainda, em cada amostra foliar calculou-se a média geométrica (mGeo) dos teores nutricionais, pela expressão: $m\text{Geo} = (vN \times vP \times vK \times vCa \times vMg \times vS \times vB \times vCu \times vFe \times vMn \times vZn \times R)^{(1/12)}$.

Em seguida, para cada nutriente, determinou-se sua respectiva variável multinutriente (zX) pelo logaritmo neperiano do quociente entre vX e a média geométrica (mGeo) dos teores nutricionais, pela expressão: $zX = \ln (vX/m\text{Geo})$, em que zX representa o valor da relação multivariada de cada um dos nutrientes avaliados (zN, zP, zK, zCa, zMg, zS, zB, zCu, zFe, zMn e zZn)

Com os valores das relações multivariadas de cada gleba, calculou-se para o conjunto da população monitorada os parâmetros descritivos: média aritmética (mX) e desvio padrão (sX), determinando-se as normas DRIS de relações multivariadas. A utilização de todo o conjunto de dados para a obtenção das normas DRIS tem como

objetivo aumentar a representatividade das estimativas populacionais pelo aumento do tamanho da amostra (BEVERLY, 1993).

Obtida as normas DRIS, os índices DRIS multivariados para cada nutriente na respectiva gleba, foi calculado pela relação multivariada log-centrada (Parent 2011): $I_X = (Z_x - m_X)/s_X$. Em que: I_X , m_X e s_X representam o índice DRIS de relação multivariada, a norma média e a norma desvio padrão para os nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn.

Calculou-se também o índice de balanço nutricional médio (IBNm) pela expressão: $IBNm = (|I_N| + |I_P| + |I_K| + |I_{Ca}| + |I_{Mg}| + |I_S| + |I_B| + |I_{Cu}| + |I_{Fe}| + |I_{Mn}| + |I_{Zn}|)/11$. O nutriente foi considerado nutricionalmente equilibrado quando seu índice DRIS, em módulo foi menor que o IBNm (WADT, 2005).

Para cada nutriente, a partir dos teores médios nutricionais da população de referência, respectivo ao elemento em questão, determinou-se o intervalo de confiança (IC), a partir da expressão: $IC = m_X \pm t_{\alpha} \cdot s_{mX}$. Em que, m_X e s_{mX} representam o teor médio e desvio padrão, respectivamente para os nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn nas glebas nutricionalmente equilibradas e, t_{α} é o valor de t bilateral, a 1 %, com n-1, sendo n = número total de dados.

Considerou-se como FS a amplitude do IC expressando-se os resultados em gramas por quilograma ($g\ kg^{-1}$) e miligramas por quilograma ($mg\ kg^{-1}$) para os macro e micronutrientes, respectivamente. Valores abaixo e acima dos limites inferior e superior do IC representam teores nutricionais deficiente e alto (consumo de luxo e, ou, toxidez), respectivamente.

Dado que NC representa o teor do nutriente a partir do qual a probabilidade de resposta ao aumento da sua disponibilidade não resulta em maior eficiência econômica e, que o teor médio representa o ótimo biológico para a disponibilidade do nutriente, adotou-

se o limite inferior do IC de cada um dos nutrientes para obtenção do NC que por si, corresponde ao limite entre teores considerados deficientes e suficientes.

As frequências observadas pela distribuição percentual das 120 glebas em relação ao estado nutricional (deficiente, normal e alto), a partir da avaliação por FS propostas neste trabalho foram contrastadas pela frequência esperada, diagnosticada por padrões nutricionais para laranjeiras disponíveis na literatura (MALAVOLTA et al., 1994; QUAGGIO et al., 2005) pelo teste qui-quadrado (χ^2), ao nível de 1% de probabilidade.

4.3 Resultados e discussão

As normas DRIS de relações multivariadas estão apresentadas na Tabela 13.

Tabela 13. Normas DRIS: média e desvio padrão (sX) das relações multivariadas log centradas para N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn para laranjeiras Pera cultivada na Amazônia Central.

Parâmetro	zN	zP	zK	zCa	zMg	zS	zB	zCu	zFe	zMn	ZZn
Médias	3,42	0,57	1,96	3,39	1,41	0,65	-2,98	-4,54	-2,37	-4,32	-4,08
sX	0,15	0,23	0,49	0,26	0,37	0,21	0,35	0,66	0,47	0,33	0,23

Com base neste conjunto de normas, das 120 glebas de laranjeiras Pera monitoradas, 72, 68, 46, 59, 60, 71, 66, 77, 83, 70 e 72 foram consideradas nutricionalmente equilibradas para N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente. Já as distribuições das frequências para o número de glebas nas classes de insuficiência, equilíbrio e excesso nutricional foram semelhantes para maioria dos nutrientes, sendo a exceção K, estando sob situação de desequilíbrio nutricional na maioria das glebas estudadas. A maior proporção de glebas sob insuficiência nutricional para K comparativamente aos demais nutrientes, justifica-se pelo seu baixo teor encontrado no solo em todas as glebas monitoradas (Tabela 14).

Tabela 14. Distribuição de frequência das 120 glebas de laranjeiras Pera cultivadas na Amazônia central sob estado de insuficiência, equilíbrio e excesso nutricional a partir do DRIS de relações multivariadas para N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, frequência esperada de glebas em cada estado nutricional (FrEsp), valor calculado do teste de qui-quadrado (χ^2) e significância do teste qui-quadrado.

Nutriente	Insuficiência	Equilíbrio	Excesso	X ²	Significância
N	16	60	24	1,2	56%
P	23	57	20	0,6	74%
K	28	38	34	14,7	0%
Ca	26	49	25	0,7	71%
Mg	20	50	30	2,1	35%
S	22	59	19	0,9	64%
B	22	55	23	0,6	76%
Cu	18	64	18	3,5	18%
Fé	22	69	9	4,7	10%
Mn	20	58	22	0,6	74%
Zn	21	60	19	1,6	45%
FrEsp	21,6	56,3	22,1	-	-

Possivelmente, os baixos teores de K encontrados no solo sejam reflexos da ausência de adubações equilibradas nestas glebas (Tabela 12). Este resultado sugere ser o K o elemento mais relevante para o manejo da adubação, por ser aquele cujo equilíbrio nutricional estaria sendo mais afetado, principalmente por ser um nutriente com conhecida resposta a sua aplicação em outras regiões (QUAGGIO et al., 2011).

A distribuição aleatória para a maioria dos nutrientes (Tabela 14) pode ser explicada ao fato das normas DRIS serem oriundas do conjunto da população utilizada para a avaliação nutricional, situação que também já foi constatada para cupuaçueiros cultivados na região amazônica (WADT et al., 2011). Entretanto, para obtenção de NC e FS, o importante foi obter a amplitude das concentrações dos nutrientes que ocorrem no tecido foliar das glebas sob situação de equilíbrio nutricional (Tabela 15).

Tabela 15. Valores mínimo, máximo, desvio padrão (sX), nível crítico (NC) e faixas de suficiência (FS) dos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn em glebas de laranjeiras Pera nutricionalmente equilibradas cultivadas na Amazônia Central pelo uso do DRIS de relações multivariadas (n= números de glebas envolvidas).

Nutrientes	Mínimo	Máximo	sX	N	NC	FS
N (g kg ⁻¹)	23	35	3	72	28	28 – 30
P (g kg ⁻¹)	1,3	2,0	0,2	68	1,6	1,6 – 1,7
K (g kg ⁻¹)	3	13	2	46	7	7 – 9
Ca (g kg ⁻¹)	20	43	4	59	26	26 – 29
Mg (g kg ⁻¹)	2,1	5,0	0,7	60	3,6	3,6 – 4,0
S (g kg ⁻¹)	1,3	2,8	0,3	71	1,7	1,7 – 2,0
B (mg kg ⁻¹)	31	100	13	66	47	47 – 56
Cu (mg kg ⁻¹)	5	18	3	77	8	8 – 10
Fé (mg kg ⁻¹)	54	130	15	83	84	84 – 93
Mn (mg kg ⁻¹)	7	21	3	70	12	12 – 13
Zn (mg kg ⁻¹)	11	25	3	72	14	14 – 16

Nas glebas com plantas nutricionalmente equilibradas a amplitude dos teores nutricionais para os macronutrientes indicam serem N, K e Ca os elementos requeridos em maiores quantidades nos tecidos foliares (Tabela 15), concordando com Camacho et al. (2012) que observaram serem estes os nutrientes requeridos em maior proporção, em pomares paulistas cultivados com laranjeiras Pera. Os demais nutrientes P, Mg e S foram requeridos praticamente na mesma ordem de grandeza (1,3 a 5 g kg⁻¹).

A menor amplitude das FS estimadas para estas glebas justifica-se pelo baixo desvio padrão dos teores nutricionais da população nutricionalmente equilibrada (Tabela 15), e invariavelmente menor que a amplitude indicada para os teores dos mesmos nutrientes por outros autores, em especial, para os micronutrientes (Figura 1).

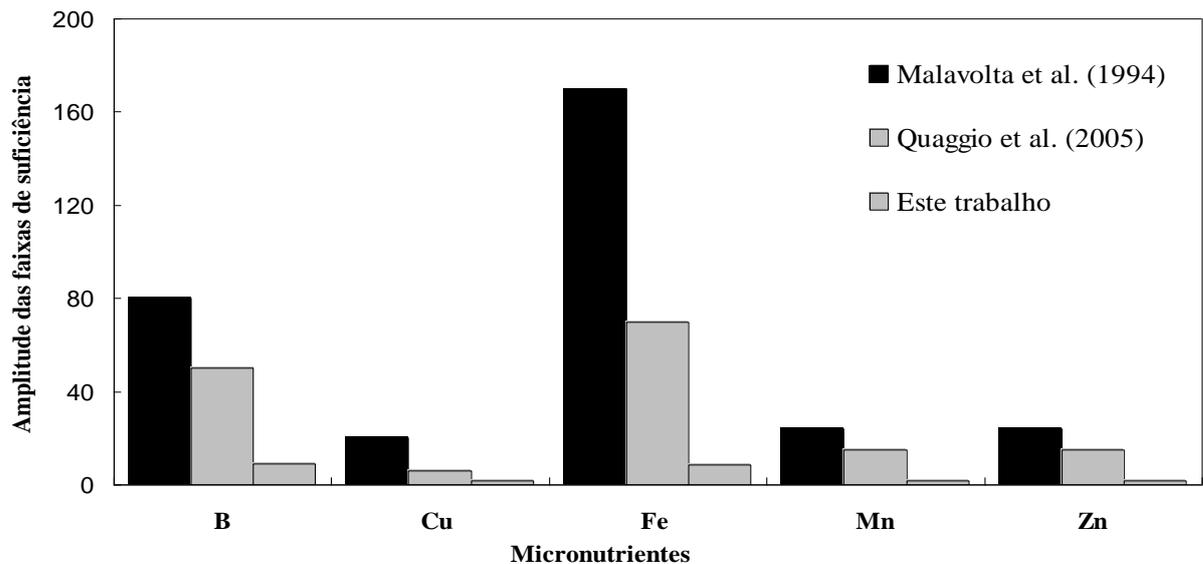


Figura 1. Amplitude das faixas de suficiência para B, Cu, Fe, Mn e Zn na cultura da laranjeira proposta por dois autores e pelo uso do CND (Este trabalho).

De forma análoga aos trabalhos de Wadt et al. (1998), Urano et al. (2007) e Serra et al. (2010), a amplitude das FS estimadas pelo método DRIS, foi menor quando comparadas aos valores encontradas na literatura.

As FS estimadas para N, P e Mg encontram-se acima da recomendada pela literatura, com exceções das faixas para P proposta por Malavolta et al. (1994) e Mg sugerida por Quaggio et al. (2005) que coincidem com a estimada neste trabalho. Para K, Ca, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn as FS determinadas pelo método DRIS foram abaixo do sugerido pela literatura, com exceção do Cu que coincide com a faixa definida por Quaggio et al. (2005) (Tabela 15).

De forma semelhante Camacho et al. (2012) observaram que as FS estimadas para K, Ca, Mg, Zn e B pelo método DRIS, chance matemática e pelo NC obtido por meio do critério de distribuição normal reduzida para laranjeiras Pera foram diferentes das FS recomendada pela literatura.

Diferenças entre padrões nutricionais já foram relatadas na literatura por diferentes autores (FARNESI et al., 2009; SANTANA et al., 2008) e relacionam-se a diferentes

condições edafoclimáticas e, ou, manejo da fertilidade do solo. Outro fator pode ser atribuído as diferentes condições experimentais, como observado por Fernandes et al. (2010) e Camacho et al. (2012) na avaliação do estado nutricional de laranjeira Pera nos estados do Pará e São Paulo, respectivamente.

A distribuição das frequências entre as classes nutricionais (deficiente, normal e alto), a partir dos resultados deste trabalho foram distintas para todos os nutrientes quando comparado aos valores críticos propostos pela literatura. Entretanto quanto à distribuição das frequências nas classes nutricionais, pelas FS sugeridas pela literatura foram contrastadas entre si, a proporção de glebas deficientes, normais e com altos teores nutricionais foram semelhantes para N, K, S e Mn (Tabela 16).

Tabela 16. Frequência com que as 120 glebas de laranjeiras Pera cultivadas da Amazônia Central apresentam estado deficiente, normal e alto teor nutricional pelo uso das faixas de suficiência por dois autores e por este trabalho.

Estado Nutricional	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Frequência											
Malavolta et al. (1994) ¹											
Deficiente	3	3	75	81	9	67	72	65	93	97	90
Normal	12	59	22	12	9	32	27	24	5	2	9
Alto	85	37	3	7	82	1	1	11	2	1	1
χ^2 (1 Vs. 2)	0,1 ^{ns}	0 ^{**}	0,1 ^{ns}	0 ^{**}	0 ^{**}	1 ^{ns}	0 ^{**}	0 ^{**}	0 ^{**}	0,6 ^{ns}	0 ^{**}
Quaggio et al. (2005) ²											
Deficiente	2	3	75	80	19	67	49	5	3	98	97
Normal	20	39	24	17	30	32	50	60	87	1	2
Alto	78	58	1	3	51	1	1	35	10	1	1
χ^2 (2 Vs. 3)	0 ^{**}	0 ^{**}	0 ^{**}	0 ^{**}	0 ^{**}	0 ^{**}	0 ^{**}	0 ^{**}	0 ^{**}	0 ^{**}	0 ^{**}
Este trabalho ³											
Deficiente	22	42	41	39	36	47	47	48	51	39	39
Normal	28	12	16	22	13	17	15	17	13	18	22
Alto	50	46	43	39	51	36	37	35	36	43	39
χ^2 (1 Vs. 3)	0 ^{**}	0 ^{**}	0 ^{**}	0 ^{**}	0 ^{**}	0 ^{**}	0 ^{**}	0 ^{**}	0 ^{**}	0 ^{**}	0 ^{**}

χ^2 = Cálculo do qui-quadrado; ^{ns} e ^{**} = não significativo e significativo a 1% pelo teste F.

Todas as faixas utilizadas para interpretação do estado nutricional foram unânimes em apontar alto teor de N na maioria das glebas monitoradas (Tabela 16). Este fato pode estar associado à forma empírica como são manejadas estas glebas na região, ou mesmo pelo uso

irregular de análise foliar na recomendação de adubação nitrogenada, implicando em uso excessivo de N nas adubações.

Já o P apontado como deficiente em quase metade das glebas monitoradas, utilizando-se das FS descritas neste trabalho (Tabela 16), possivelmente está atribuído ao baixo teor deste elemento no solo (Tabela 12) agravado pela ineficiência da adubação fosfatada, seja pela quantidade insuficiente do nutriente utilizado nas adubações ou pela fixação de fósforo, devido às características físico-químicas dos solos da região (FALCÃO; SILVA, 2004).

De forma generalizada, as FS para K propostas pela literatura foram capazes de detectar maior número de glebas em estado de deficiência nutricional, superando 74% nas glebas avaliadas por todos os autores da literatura, indiscriminadamente, diferente das faixas estimadas neste trabalho que apontaram menos da metade das glebas sob estado de deficiência nutricional (Tabela 16).

Como os teores foliares de K foram abaixo de 13 g kg^{-1} , a faixa normal tende a ser baixa comparativamente aos padrões nutricionais sugeridos pela literatura, conseqüentemente diminui a capacidade da faixa estimada detectar glebas nutricionalmente deficientes. Isto indica que as adubações aplicadas em todas as glebas monitoradas não fornecem quantidades adequadas de K (Tabela 12).

De forma semelhante ao K, o Ca foi o elemento apontado em mais de 79% das glebas sob deficiência a partir de FS definidas pela literatura (Tabela 16). Já o Mg independente do padrão nutricional utilizado para interpretação do teor foliar foi apontado sob consumo de luxo nutricional na maioria das glebas monitoradas.

Possivelmente, o desequilíbrio entre K, Ca e Mg no solo das glebas monitoradas (Tabela 12) pode estar refletindo em baixos teores de K, Ca e alto teor de Mg nas folhas e, como estes nutrientes são absorvidos pelos mesmos mecanismos na membrana celular, provavelmente a absorção de Mg foi preferencial aos demais cátions (MEDEIROS et al.,

2008). Agrava-se ainda para baixos teores de K e Ca nas folhas, o fato do K ser exportado em maior quantidade pelos frutos (BOARETTO et al., 2007) e o Ca por ser o elemento de menor mobilidade na planta comparativamente aos demais nutrientes (DUENHAS et al., 2007).

Para S tanto os padrões nutricionais sugeridos pela literatura quanto as faixas estimadas neste trabalho indicaram ser este o elemento comumente na classe de deficiência nutricional (Tabela 16). Sua deficiência pode estar relacionada a ausência do elemento em fontes de fertilizantes altamente solúveis, em especial o super fosfato triplo, que é comum sua utilização como fonte de P na adubação anual das glebas avaliadas.

Ainda quanto ao S, é válido inferir que a faixa ótima proposta por Malavolta et al. (1994) foi considerada inadequada para a interpretação do estado nutricional de laranjeiras Pera na região central de Góias (SANTANA et al., 2007) e por ser muito parecida com a FS proposta por Quaggio et al. (2005), ambas FS podem estar diagnosticando uma situação de falsa deficiência.

A FS proposta neste trabalho apontou Fe e Cu como nutrientes frequentemente sob estado de deficiência nutricional (51% e 48%, respectivamente das glebas monitoradas) (Tabela 16). Corroborando com Fernandes et al. (2010) que observaram que Cu e Mn foram os nutrientes mais limitantes para produção de laranja Pera no estado do Pará.

Entretanto quanto se utiliza o método DRIS para avaliação do estado nutricional, observa-se que Fe e Cu foram considerados frequentemente equilibrados (Tabela 14). Isto se justifica pelo fato das FS serem oriundas dos teores médios nutricionais da população nutricionalmente equilibrada, pois quanto menor for o desvio padrão entre os teores nutricionais do conjunto de glebas de referência, menor será a amplitude da faixa ótima (Tabela 15), conseqüentemente aumenta-se a capacidade da FS na detecção de glebas sob estado de deficiência ou consumo de luxo nutricional quando comparado a utilização de FS com maiores amplitudes.

Para Mn e Zn as FS definidas pela literatura apontam deficiência generalizada, estando acima de 96% e 89%, respectivamente nas glebas avaliadas (Tabela 16). De forma geral a disponibilidade de Fe, Cu, Mn e Zn para laranjeiras é regulada pelas condições do solo, como teor de matéria orgânica, textura e, principalmente o pH, por exemplo quando este último encontra-se em valores mais elevados, ocorre diminuição da solubilização e da absorção destes micronutrientes catiônicos.

Santana et al. (2007) apontam o Zn como o nutriente mais limitante à produção de laranjeiras Pera na região de Goiás, pois sua deficiência seria comum em solos brasileiros, principalmente com a cultivar Pera (MATTOS JUNIOR et al., 2001). Quaggio e Piza Junior (2001) também relataram que em condições tropicais, a deficiência de Zn nos solos é frequente e, têm limitado a produtividade e a qualidade dos frutos cítricos no Brasil.

A quantidade de glebas deficientes em B definidas pela FS descritas neste trabalho foi semelhante aos resultados proporcionado pela faixa crítica proposta por Quaggio et al. (2005) (Tabela 16). A deficiência de B tem sido observada frequentemente na citricultura, sendo consequência do excesso de chuvas na época da coleta de folhas (fevereiro a abril), reduzindo-se sua disponibilidade para a planta e a alta extração deste nutriente pela cultura, onde nem sempre há reposição mediante adubação (SANTANA et al., 2007).

No Brasil, B, Zn e Mn são os micronutrientes mais limitantes à produção dos citros, pelos baixos teores no material de origem e pela adsorção específica que ocorre com a matriz de solos cultivados. Períodos prolongados de seca e excesso de chuvas reduzem ainda a absorção de B pelas plantas (QUAGGIO et al., 2005).

Embora, na Amazônia central a citricultura encontre-se adaptada ao bioma, a produtividade das glebas ainda é baixa, em torno de 11 t ha⁻¹, se comparado a São Paulo (26 t ha⁻¹), maior produtor nacional (IBGE, 2011). Um dos fatores pode estar relacionado ao manejo inadequado das fertilizações, sendo agravado pela ausência ou insuficiências de

práticas conservacionistas para o manejo do solo. Neste sentido, a disponibilização de NC e FS obtidas de laranjeiras cultivada nestas condições contribui para melhorar o monitoramento das adubações e, ao manejo da fertilidade do solo nestas glebas.

4.4 Conclusões

Para maioria dos nutrientes, os valores nutricionais estimados não foram concordantes com os valores da literatura e grande parte das glebas monitoradas encontra-se em desequilíbrio nutricional, sendo que em quase 50% destas, P, K, Ca, S, B, Cu e Fe estão abaixo dos níveis críticos propostos neste trabalho.

REFERÊNCIAS

BEVERLY, R. B. DRIS Diagnoses of soybean nitrogen, phosphorus, and potassium status are unsatisfactory. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v. 16, n. 2, p. 1431-1447, feb. 1993.

BOARETTO, R. M. et al. Acúmulo de nutrientes e destino do nitrogênio (^{15}N) aplicado em pomar jovem de laranja. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 600-605, jul./set. 2007.

CAMACHO, M. A. et al. Faixas normais de nutrientes pelos métodos ChM, DRIS e CND e nível crítico pelo método de distribuição normal reduzida para laranja-pera. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa – MG, v. 36, n. 3, p. 193-200, jul./set. 2012.

DUENHAS, H. L. et al. Produção, qualidade dos frutos e estado nutricional de laranja valência sob fertirrigação e adubação convencional. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 154-160, jan. 2005.

FAGERIA, N. K. et al. Foliar fertilization of crop plants. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v. 32, n.1, p. 1044-1064, jan. 2009.

FALCÃO, N. P. de S.; SILVA, J. R. A. Características de adsorção de fósforo em alguns solos da Amazônia Central. *Acta Amazônica*, Manaus, v. 34, n. 2, p. 337-342, abr./jun. 2004.

FARNESI, M. de M. et al. Diagnose nutricional de cafeeiros da região do alto Jequitinhonha (MG): normas DRIS e faixas críticas de nutrientes. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa – MG, v. 33, n. 2, p. 969-978, abr./jun. 2009.

FERNANDES, A. R. et al. Estado nutricional de pomares de laranja submetidos a diferentes manejos do solo. *Revista de Ciências Agrárias*, Belém, v. 53, n. 2, p. 52-58, abr./jun. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção agrícola municipal 2010: culturas temporárias e permanentes. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. 91 p. (<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=am&tema=lavourapermanten2010>). Acesso em 04 Mar 2012.

KURIHARA, C. H. et al. Interpretação de resultados de análise foliar. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Colombo; Embrapa Florestas, 2005. 42 p. (Documentos, 74).

LANA, R. M. Q. et al. Levantamento do estado nutricional de plantas de *Coffea arabica* L. pelo DRIS, na região do Alto Paranaíba – Minas Gerais. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa – MG, v. 34, n. 2, p. 1147-1156, abr./jun. 2010.

MALAVOLTA, E. et al. Seja o doutor dos seus citros. Piracicaba: Potafós, 1994. 22 p. (Informações Agronômicas, 65).

MALAVOLTA, E. et al. Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações. 2 ed., rev. e atual. Piracicaba: Potafós, 1997. 319 p.

MATTOS JUNIOR, D. et al. Calagem e adubação dos citros. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 22, n. 1, p. 39-46, jan. 2001.

MEDEIROS, J.C. et al. Relação cálcio: magnésio do corretivo da acidez do solo na nutrição e no desenvolvimento inicial de plantas de milho em um Cambissolo Húmico Álico. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 29, n.2, p. 799-806, abr./jun. 2008.

PARENT, L. E. Diagnosis of the nutrient compositional space of fruit crops. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 321-334, abr./jun. 2011.

QUAGGIO, J.A.; MATTOS JUNIOR, D.; BOARETTO, R. M. Sources and rates of potassium for sweet orange production. Scientia Agricola, Piracicaba, v. 68, n. 2, p. 369-375, abr./jun. 2011.

QUAGGIO, J.A. et al. Manejo da fertilidade do solo na citricultura. In: MATTOS JUNIOR, D. et al. (Eds). Citrus. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, p. 483-507, 2005.

QUAGGIO, J. A.; PIZA JUNIOR, C. T. Micronutrientes para frutíferas tropicais. In: FERREIRA, M.E et al. (Eds). Micronutrientes tóxicos e metais pesados na agricultura. Jaboticabal: Potafós/Fapesp/CNPq, p. 459-491, 2001.

SANTANA, J. DAS G. et al. Normas DRIS para interpretação de análises de folha e solo, em laranjeira pêra, na região central de Goiás. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 38, n. 1, p. 109-117, jan./abr. 2008.

SANTANA, J. das G. et al. Estado nutricional da laranja pêra na região central do estado de Goiás avaliada pelas análises foliar e do solo. Bioscience Journal, Uberlândia, v. 23, n.2, p. 40-49, abr./jun. 2007.

SERRA, A. P. et al. Determinação de faixas normais de nutrientes no algodoeiro pelos métodos ChM, CND e DRIS. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa – MG, v. 34, n. 3, p. 97-194, jul./set. 2010.

SISTEMA DE PROTEÇÃO DA AMAZÔNIA (SIPAM). Boletim climático da Amazônia. Manaus: Divisão de meteorologia, 2005. 2 p.

URANO, E. O. M. et al. 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*, Viçosa – MG, v. 31, n. 2, p. 63-72, abr./jun. 2007.

WADT, P. G. S. Relationships between soil class and nutritional status of coffee plantations. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa – MG, v. 29, n. 1, p. 227-234, jan./mar. 2005.

WADT, P. G. S. et al. Fórmulas DRIS para o diagnóstico nutricional de pomares de cupuaçueiros. *Bragantia*, Campinas, v. 70, n. 3, p. 649-656, jul./set. 2011.

WADT, P. G. S. et al. Valores de referência para macronutrientes em eucalipto obtidos pelos métodos DRIS e chance matemática. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa – MG, v. 22, n. 2, p. 685-692, abr./jun. 1998.

5 CAPÍTULO III:
NORMAS CND EM TRÊS ESTÁDIOS FENOLÓGICOS PARA
LARANJEIRA PERA NA AMAZÔNIA CENTRAL

RESUMO

Tradicionalmente o monitoramento nutricional da laranjeira ocorre quando o pomar apresenta frutos com seis meses de idade. Assim, o manejo da adubação demanda padrões nutricionais para a fase de floração ou quando os frutos estão mais novos. Objetivou-se com este trabalho avaliar normas CND foliares para laranjeira em fase de floração e quando a árvore possui frutos com três e seis meses de idade. No ano agrícola de 2011/2012 vinte e sete pomares de laranja foram monitorados quanto à situação nutricional na florada principal e com a fruta de laranja com três e seis meses de idade. Pomares com produtividade superior a 25 ton ha⁻¹ foram selecionados para o estabelecimento dos padrões de referência. Normas CND foliares foram estabelecidas para os estágios: florada principal e árvores com frutos de laranja com três e seis meses de idade. O estado nutricional da laranjeira foi variável com período de amostragem foliar, por isso foram propostas normas CND para cada fase de crescimento. A concentração foliar de N, P, K e Cu foram maiores, Ca e Zn menores na floração principal. Sugere-se que a laranjeira Pera apresenta exigência nutricional diferente entre os três estágios fenológicos estudados.

Palavras-chave: *Citrus limonia*, *Citrus sinensis*, diagnose foliar, DRIS, amostragem foliar.

ABSTRACT

Traditionally the nutritional monitoring of orange are made when the fruit have six months of age. But, the fertilizer management practices are always restricted to flowering period. So, fertilizer management needs nutritional standards for flowering stage or youngest fruit. The objective was to evaluate CND norms foliar for orange in the flowering stage and when tree contains fruits with three or six months of age. In the spring and summer of 2011, twenty seven orange orchards were monitored for nutritional status in the main flowering and when fruit having three and six months of age. Orchards with productivity larger than 25 ton ha⁻¹ were select to the establishment nutricional standards. CND norms were established to the stages: main flowering and fruit having three or six months of age. The nutritional status of orange was variable with foliar sample period, so we proposed three CND norms for each growth stage. The foliar concentration of N, P, K and Cu were larger, Ca and Zn were smaller in the main flowering. We suggest that orange has different nutritional requirement between the three fenological stages studied.

Keywords: *Citrus limonia*, *Citrus sinensis*, foliar diagnoses, CND, foliar sampling.

5.1 Introdução

Na Amazônia brasileira, a citricultura destaca-se em termos econômicos e sociais, apresentando elevados índices de crescimento nos últimos dez anos, superando 18 mil hectares cultivados e produção bruta de 265 mil toneladas de frutos por ano. Nesta região, o Amazonas é o segundo maior produtor com a variedade Pera cultivada em maior extensão, dada sua boa adaptação às condições edafoclimáticas locais (IBGE, 2011).

Entretanto, este crescimento não tem sido acompanhado pela geração de informações locais quanto à demanda de nutrientes ou de valores nutricionais foliares de referência para esta fruteira. A ausência destas informações torna o processo de recomendação de fertilizantes empírico para laranjeiras cultivadas na Amazônia brasileira, tornando o parque produtivo dependente de informações geradas em outras condições edafoclimáticas (FERNANDES et al., 2010).

O monitoramento nutricional das plantas com o uso da análise foliar, têm sido utilizado no cultivo de laranjeiras. Entretanto, mesmo sendo uma técnica de simples adoção, os critérios disponíveis para a interpretação dos teores foliares, como o método do nível crítico, depende de valores publicados na literatura e ajustados para condições climáticas distintas da Amazônia, como os valores disponibilizados por Quaggio et al. (2005) para o estado de São Paulo e adotados no Amazonas.

Para a avaliação do estado nutricional pode-se ainda adotar o método do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), que embora seja mais complexo do ponto de vista da interpretação dos teores foliares (MOURÃO FILHO, 2004), tem a vantagem de permitir a obtenção dos valores padrões diretamente do monitoramento de pomares cultivados comercialmente (BATAGLIA, 1989; SANTANA et al., 2008), dispensando a experimentação, como recentemente realizado para cafeeiros (WADT; DIAS, 2012) e

cupuaqueiros (DIAS et al., 2010, 2011) em Rondônia ou mangueiras na região do semi árido nordestino(WADT; SILVA, 2010)

O método DRIS apresenta variações no tipo de fórmulas para o cálculo dos índices de equilíbrio nutricional (índices DRIS) ou até mesmo no tipo de relações nutricionais, que podem ser bivariadas ou multivariadas. O DRIS de relações multivariadas, mais conhecido como Diagnose da Composição Nutricional (CND), corresponde ao logaritmo natural (ou base 10, alternativamente) da relação do nutriente com a média geométrica da composição nutricional na amostra foliar (PARENT, 2011).

Um fator determinante para eficiência do DRIS na avaliação nutricional em culturas comerciais tem sido o critério utilizado para a obtenção das normas, que equivalem aos padrões de referência para as relações bivariadas ou multivariadas. Essas normas são obtidas de plantas saudas, com histórico de boa produtividade e, frequentemente para condições ecofisiológicas ou de manejo específicas (CRESTE; NAKAGAWA, 1997; MOURÃO FILHO et al., 2003; PARTELLI et al., 2006).

A carência de informações nutricionais específicas para a região amazônica tem levado à adoção de valores de referência para laranjeiras obtidas em outros estados brasileiros (QUAGGIO et al., 2005) que por ser oriundas de condições edafoclimáticas distintas podem reduzir a eficiência dos diagnósticos, como já constatado em pomares de laranjeiras Pera cultivados na região central de Goiás (SANTANA et al., 2007) e na microrregião do nordeste paraense (FERNANDES et al., 2010). Agrava-se ainda o fato destes padrões serem restritos a pomares que apresentam frutos com seis meses de idade, o que torna o manejo das adubações limitado, uma vez que nesta idade as principais fertilizações já foram realizadas no momento do principal fluxo de florescimento da laranjeira.

Neste sentido, objetivou-se avaliar normas CND para laranjeiras Pera nas fases do florescimento principal e quando apresentam frutos com três e seis meses de idade, visando adaptar a utilização da análise foliar para períodos mais propícios ao manejo das adubações.

5.2 Material e métodos

Foram monitorados vinte e sete pomares comerciais de laranjeiras Pera (*Citrus sinensis* L. Osbeck) enxertados em limoeiro cravo (*Citrus limonia* Osbeck) representativos da região produtora do estado do Amazonas, na planície amazônica nos limites do município de Rio Preto da Eva (02° 41' 56" S e 59° 42' 00" W), no ano agrícola de 2011/2012. Os pomares apresentavam densidade de 236 a 357 plantas por hectare e idade de 5 a 15 anos.

A região de estudo caracteriza-se por apresentar clima Tropical Úmido - Af (Köppen), com temperatura média anual de 26 °C e precipitação pluvial média de 2.550 mm ano⁻¹. O período chuvoso corresponde aos meses de dezembro a abril, com acúmulo de chuvas no primeiro trimestre do ano e o período mais quente compreende os meses de agosto a outubro.

Em cada pomar de laranjeira monitorado, realizaram-se três amostragens foliares. A primeira amostragem foi realizada por ocasião do florescimento principal (setembro de 2011) e as duas seguintes quando as laranjeiras apresentavam frutos com três e seis meses de idade, dezembro de 2011 e março de 2012, respectivamente.

Em cada época, para uma amostra composta foram amostradas aleatoriamente 25 árvores, correspondendo ao total de 100 folhas recém-amadurecidas, coletadas na terceira posição de lançamento a partir do ápice de ramos floríferos. Todas as amostragens foram realizadas na face das árvores referentes aos quatro pontos cardeais e sempre na altura mediana da planta, conforme recomendação de Quaggio et al. (2005). O material vegetal coletado foi acondicionado em sacos de papel e transportado para o laboratório, onde foram lavados, secados, moídos e submetidas às análises dos teores totais de N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn e Zn (CARMO et al., 2000).

Os pomares que apresentaram produtividade superior a 25 toneladas ha^{-1} na safra principal (junho de 2012) foram definidos como de alta produtividade e utilizados para estabelecer os padrões nutricionais. Os teores foliares dos nutrientes de todos os pomares foram ajustados para decagramas por quilogramas (dag kg^{-1}) e obtidas as variáveis multinutrientes (zX). Com os valores das zX de cada pomar de alta produtividade, calculou-se os parâmetros descritivos: média aritmética e desvio padrão, determinando-se as normas CND para os três períodos fenológicos. Os índices CND de cada nutriente foram obtidos dos pomares de baixa produtividade, conforme descrito por Wadt e Dias (2012) para a metodologia do DRIS de relações multivariadas.

O somatório em módulo dos índices CND de todos nutrientes em cada pomar de baixa produtividade, constituiu-se no índice de balanço nutricional (IBN). O índice de balanço nutricional médio (IBNm) foi obtido dividindo-se o valor do IBN pelo número de nutrientes avaliados.

O nutriente foi considerado nutricionalmente equilibrado quando seu índice CND em módulo foi menor que o IBNm. Insuficiente quando seu índice CND em módulo foi simultaneamente maior que o IBNm e menor que zero. Em excesso nutricional ou consumo de luxo quando seu índice CND em módulo foi maior que o IBNm e maior que zero, simultaneamente (WADT, 2005).

Os diagnósticos obtidos das glebas de baixa produtividade a partir de normas CND foram comparados quanto ao grau de concordância relativos a cada período de amostragem, tendo-se computado, para cada amostra foliar e nutriente, os casos de concordância. Foram considerados diagnósticos concordantes quando duas diferentes épocas de amostragem diagnosticadas por normas CND resultaram no mesmo diagnóstico (deficiência, equilíbrio ou excesso). Os resultados foram expressos, para cada um dos nutrientes avaliados, em percentagem de diagnósticos corretos para as amostragens foliares realizadas no florescimento pleno e, em amostragens foliares de laranjeiras com frutos de três e seis meses de idade.

O cálculo das normas, função CND, IBN, IBNm foram realizados em planilha eletrônica. As análises estatísticas: média aritmética, desvio padrão, coeficiente de variação e o teste de Duncan ($p \leq 0,05$) foram realizados pelo programa estatístico Assistat versão 6.2 (SILVA; AZEVEDO, 2002).

5.3 Resultados e discussão

Dos 27 pomares de laranja Pera monitorados, 17 apresentam produtividade superior a 25 toneladas ha^{-1} na safra principal (junho de 2012), sendo considerados de alta produtividade para região de estudo e, portanto, utilizados para o estabelecimento dos padrões foliares (Tabela 17). Os 10 pomares restantes que apresentam baixa produtividade foram utilizados para obtenção dos índices CND.

Tabela 17. Teores foliares de laranjeiras Pera com alta produtividade, amostradas nos estádios do florescimento pleno e com frutos de três meses e seis meses de idade.

Época de amostragem (Estádio fenológico)	N	P	K	Ca	Mg
	-----g kg ⁻¹ -----				
Florescimento pleno	30,62 a	1,42 a	12,15 a	17,59 c	2,97 a
Frutos com três meses	26,88 b	1,21 b	10,15 b	19,72 b	3,33 a
Frutos com seis meses	26,02 b	1,27 b	6,40 c	22,27 a	4,35 a
Coeficiente de variação (%)	18,84	8,50	14,68	7,95	86,27
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----mg kg ⁻¹ -----				
Florescimento pleno	63,68 b	25,13 a	68,27 a	11,15 b	13,53 b
Frutos com três meses	58,12 c	17,55 b	56,13 b	13,52 ab	19,36 ab
Frutos com seis meses	70,33 a	19,08 b	70,36 a	16,21 a	23,73 a
Coeficiente de variação (%)	10,31	41,18	23,02	43,62	58,92

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

Na população de alta produtividade as concentrações foliares de N, P, K e Cu foram maiores na fase do florescimento comparativamente aos demais períodos fenológicos avaliados. Mg e Mn mantiveram-se estáveis durante o período monitorado. Já Ca e Zn foram acumulados no tecido foliar na fase de frutificação.

Resultados semelhantes foram observados por Mattos Junior et al. (2003) em laranjeiras Hamlin enxertadas em citrumelo, onde os teores de N, P e K diminuíram na ordem de 2,1; 0,8; 3,5 g kg⁻¹ de matéria seca após o florescimento das plantas. Justificam-se estes resultados o fato do N, K e P, nesta ordem, serem os elementos exportados em grandes quantidades pelos frutos de laranjeiras Pera (BOARETTO et al., 2007) e, como os órgãos reprodutivos são drenos muito fortes, a tendência é que ocorra diluição destes elementos na folha em decorrência da alta mobilização que ocorre em direção aos frutos. Já o Ca por ter restrita mobilidade no floema acumula-se no tecido foliar em decorrência do desenvolvimento da planta.

A variação nutricional nas folhas, conforme a época do ano, pode estar associada a diversos fatores relacionados à fisiologia da planta, como exigências provenientes da frutificação, da emissão de ramos vegetativos e reprodutivos. Também podem estar associados a fatores ambientais, como temperatura, radiação, precipitação, dentre outros, uma vez que as condições climáticas podem interferir no comportamento fisiológico e nutricional das plantas (FAGERIA et al., 2009).

Conforme sugerido por Quaggio et al. (2005) os teores médios foliares de N, P, B e Fe nas glebas de alta produtividade foram considerados adequados, K, Ca Mn e Zn baixos e, Mg e Cu excessivos para laranjeiras com frutos de seis meses de idade.

Os valores de referência para o método CND (DRIS de relações multivariadas) mostraram-se diferentes entre as épocas de amostragem (Tabela 18).

Tabela 18. Normas CND: média e desvio padrão (sX) para as relações multivariadas log centradas dos nutrientes para laranjeira Pera em diferentes estádios fenológicos.

Parâmetro	N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Florescimento pleno										
Médias	3,58	0,53	2,65	3,03	1,23	-2,58	-4,27	-2,57	-4,41	-4,20
sX	0,25	0,16	0,21	0,29	0,36	0,24	1,11	0,34	0,30	0,29
Frutos com três meses										
Médias	3,50	0,42	2,48	3,20	1,39	-2,63	-4,58	-2,67	-4,30	-3,88
sX	0,17	0,25	0,31	0,35	0,45	0,24	1,06	0,22	0,55	0,46
Frutos com seis meses										
Médias	3,42	0,40	1,98	3,27	1,40	-2,49	-4,58	-2,50	-4,10	-3,81
sX	0,21	0,25	0,30	0,30	0,59	0,26	0,99	0,21	0,33	0,45

Distinções entre normas DRIS afetadas pelo período de coleta do material vegetal também foram encontrados para cafeeiro arábica, onde teores de N, P e S foram maiores e, Fe e Mn menores no verão comparativamente ao inverno (PARTELLI et al., 2007).

Recentemente, diversos pesquisadores têm estabelecido padrões foliares utilizando o DRIS às mais diversas culturas, como cafeeiros (PARTELLI et al., 2006; WADT; DIAS, 2012), cana-de-açúcar (McCRAVY et al., 2010), laranjeiras (SANTANA et al., 2008; CAMACHO et al., 2012) dentre outras culturas, entretanto, limitando-se as épocas de coleta sugeridas pela literatura, conforme o estágio fenológico da planta.

O diagnóstico nutricional em laranjeiras, frequentemente adotado no Brasil, utiliza valores de referência para plantas com frutos com seis meses de idade, que geralmente coincidem com os meses de fevereiro a março em diversas regiões brasileiras (SANTANA et al., 2007; FERNANDES et al., 2010; AULER et al., 2011). Esses valores podem ser inadequados para o manejo das adubações, uma vez que as fertilizações no solo normalmente são indicadas para iniciar no período da floração, entre setembro e outubro, finalizando-se entre janeiro e fevereiro do ano seguinte (ALMEIDA; BAUMGARTNER, 2002).

Com os padrões foliares obtidos de laranjeiras com frutos com seis meses de idade, os problemas nutricionais são diagnosticados tardiamente. Isso restringe o uso da análise foliar ao monitoramento dos pomares, uma vez que as principais fertilizações já foram realizadas. Portanto, a disponibilidade de valores de referência nutricional (normas CND) para estádios fenológicos precoces possibilita anteceder o diagnóstico nutricional, podendo atender ao manejo da adubação antes que problemas nutricionais venham a ocorrer em fases posteriores do desenvolvimento da planta.

Ao se avaliar o estado nutricional das glebas de baixa produtividade a partir de diferentes estádios fenológicos, utilizando-se para cada época sua respectiva norma CND, observa-se que na maioria dos casos ocorre variação do estado nutricional para a mesma gleba avaliada em períodos

fenológicos distintos. Tal fato, associado a diferenças dos padrões foliares conforme a época do ano, reforça a importância da disponibilização de normas no período da plena floração e quando as laranjeiras apresentam frutos com três meses de idade (Tabela 19).

Tabela 19. Índices CND, índice de balanço nutricional (IBN) e diagnóstico nutricional dos pomares de laranjeira Pera de baixa produtividade com folhas amostradas nos períodos do florescimento pleno e com frutos de três e seis meses de idade, utilizando-se normas CND específicas para cada estágio fenológico.

Glebas	N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn	IBN
Florescimento pleno											
1	0,2 ⁽⁰⁾	-1,9 ⁽¹⁾	-1,1 ⁽¹⁾	-0,1 ⁽⁰⁾	0,2 ⁽⁰⁾	0,8 ⁽²⁾	0,2 ⁽⁰⁾	0,8 ⁽²⁾	0,7 ⁽⁰⁾	-1,3 ⁽¹⁾	7
2	0,2 ⁽⁰⁾	-1,6 ⁽¹⁾	-1,2 ⁽¹⁾	0,5 ⁽⁰⁾	0,9 ⁽²⁾	1,2 ⁽²⁾	-0,1 ⁽⁰⁾	0,0 ⁽⁰⁾	0,3 ⁽⁰⁾	-1,3 ⁽¹⁾	7
3	-0,8 ⁽¹⁾	-1,2 ⁽¹⁾	-0,4 ⁽⁰⁾	0,2 ⁽⁰⁾	0,4 ⁽⁰⁾	2,0 ⁽²⁾	0,0 ⁽⁰⁾	0,4 ⁽⁰⁾	0,5 ⁽⁰⁾	-1,8 ⁽¹⁾	8
4	0,1 ⁽⁰⁾	-1,0 ⁽¹⁾	0,5 ⁽⁰⁾	0,1 ⁽⁰⁾	0,7 ⁽²⁾	1,4 ⁽²⁾	-0,2 ⁽⁰⁾	0,2 ⁽⁰⁾	-0,2 ⁽⁰⁾	-1,5 ⁽¹⁾	6
5	0,3 ⁽⁰⁾	1,3 ⁽²⁾	0,6 ⁽⁰⁾	-0,3 ⁽⁰⁾	0,8 ⁽²⁾	-1,3 ⁽¹⁾	0,1 ⁽⁰⁾	-1,1 ⁽¹⁾	-0,2 ⁽⁰⁾	0,0 ⁽⁰⁾	6
6	0,2 ⁽⁰⁾	0,7 ⁽²⁾	-0,3 ⁽⁰⁾	-0,3 ⁽⁰⁾	1,0 ⁽²⁾	-0,9 ⁽¹⁾	0,3 ⁽⁰⁾	-0,5 ⁽⁰⁾	-0,5 ⁽¹⁾	-0,5 ⁽⁰⁾	5
7	1,3 ⁽²⁾	2,3 ⁽²⁾	1,3 ⁽²⁾	-0,6 ⁽⁰⁾	0,9 ⁽⁰⁾	-0,5 ⁽⁰⁾	-0,3 ⁽⁰⁾	-0,7 ⁽⁰⁾	-1,2 ⁽¹⁾	-0,5 ⁽⁰⁾	10
8	-2,1 ⁽⁰⁾	-3,5 ⁽¹⁾	-3,4 ⁽¹⁾	-1,8 ⁽⁰⁾	-2,0 ⁽⁰⁾	-1,8 ⁽⁰⁾	1,3 ⁽⁰⁾	-0,5 ⁽⁰⁾	4,7 ⁽²⁾	5,1 ⁽²⁾	26
9	-2,0 ⁽⁰⁾	-3,1 ⁽¹⁾	-2,5 ⁽⁰⁾	-2,0 ⁽⁰⁾	-1,8 ⁽⁰⁾	-1,9 ⁽⁰⁾	1,3 ⁽⁰⁾	-1,5 ⁽⁰⁾	4,4 ⁽²⁾	5,2 ⁽²⁾	26
10	-3,1 ⁽¹⁾	-3,2 ⁽¹⁾	-1,8 ⁽⁰⁾	-2,0 ⁽⁰⁾	-1,4 ⁽⁰⁾	-1,8 ⁽⁰⁾	1,2 ⁽⁰⁾	-1,2 ⁽⁰⁾	4,3 ⁽²⁾	4,8 ⁽²⁾	25
Frutos com três meses											
1	1,5 ⁽²⁾	-0,2 ⁽⁰⁾	-0,3 ⁽⁰⁾	0,5 ⁽⁰⁾	0,7 ⁽²⁾	0,2 ⁽⁰⁾	-0,5 ⁽⁰⁾	1,1 ⁽²⁾	0,1 ⁽⁰⁾	-1,2 ⁽¹⁾	6
2	2,0 ⁽²⁾	0,1 ⁽⁰⁾	0,1 ⁽⁰⁾	-0,1 ⁽⁰⁾	0,4 ⁽²⁾	0,1 ⁽⁰⁾	-0,2 ⁽⁰⁾	0,1 ⁽⁰⁾	-0,2 ⁽⁰⁾	-0,8 ⁽¹⁾	4
3	0,4 ⁽⁰⁾	0,4 ⁽⁰⁾	1,0 ⁽²⁾	-0,2 ⁽⁰⁾	0,4 ⁽⁰⁾	0,6 ⁽²⁾	-0,4 ⁽⁰⁾	0,2 ⁽⁰⁾	-0,2 ⁽⁰⁾	-0,9 ⁽¹⁾	5
4	-0,2 ⁽⁰⁾	-0,1 ⁽⁰⁾	0,9 ⁽²⁾	-0,6 ⁽¹⁾	0,1 ⁽⁰⁾	1,1 ⁽²⁾	-0,2 ⁽⁰⁾	1,2 ⁽²⁾	-0,3 ⁽⁰⁾	-0,8 ⁽¹⁾	5
5	1,0 ⁽⁰⁾	1,1 ⁽⁰⁾	1,9 ⁽²⁾	-1,2 ⁽¹⁾	0,3 ⁽⁰⁾	-1,7 ⁽¹⁾	0,7 ⁽⁰⁾	-1,2 ⁽¹⁾	-0,9 ⁽⁰⁾	-0,8 ⁽⁰⁾	11
6	1,4 ⁽²⁾	0,8 ⁽⁰⁾	1,1 ⁽²⁾	-1,0 ⁽¹⁾	0,3 ⁽⁰⁾	-1,2 ⁽¹⁾	0,8 ⁽⁰⁾	-0,6 ⁽⁰⁾	-0,8 ⁽⁰⁾	-1,1 ⁽¹⁾	9
7	-1,4 ⁽¹⁾	-0,3 ⁽⁰⁾	0,6 ⁽⁰⁾	-0,7 ⁽¹⁾	0,0 ⁽⁰⁾	-0,6 ⁽⁰⁾	1,3 ⁽²⁾	-0,5 ⁽⁰⁾	-0,2 ⁽⁰⁾	-1,1 ⁽¹⁾	7
8	0,1 ⁽⁰⁾	0,4 ⁽⁰⁾	0,4 ⁽²⁾	-0,7 ⁽¹⁾	-0,6 ⁽¹⁾	-0,6 ⁽¹⁾	0,4 ⁽²⁾	-0,4 ⁽¹⁾	0,1 ⁽⁰⁾	0,4 ⁽⁰⁾	4
9	-2,3 ⁽¹⁾	-1,7 ⁽¹⁾	-1,0 ⁽⁰⁾	-1,5 ⁽⁰⁾	-1,7 ⁽⁰⁾	-1,1 ⁽⁰⁾	1,3 ⁽⁰⁾	-1,9 ⁽¹⁾	2,0 ⁽²⁾	2,6 ⁽²⁾	17
10	-1,1 ⁽¹⁾	-0,6 ⁽⁰⁾	-0,6 ⁽⁰⁾	-0,3 ⁽⁰⁾	0,2 ⁽⁰⁾	-1,1 ⁽¹⁾	1,2 ⁽²⁾	1,1 ⁽²⁾	-0,2 ⁽⁰⁾	-0,9 ⁽¹⁾	7
Frutos com seis meses											
1	-2,7 ⁽¹⁾	-2,1 ⁽¹⁾	-1,0 ⁽⁰⁾	-1,0 ⁽⁰⁾	-0,8 ⁽⁰⁾	-0,5 ⁽⁰⁾	1,5 ⁽⁰⁾	-2,2 ⁽¹⁾	1,9 ⁽²⁾	2,4 ⁽²⁾	16
2	1,8 ⁽²⁾	0,3 ⁽⁰⁾	1,0 ⁽²⁾	-0,5 ⁽⁰⁾	0,1 ⁽⁰⁾	-1,0 ⁽¹⁾	0,1 ⁽⁰⁾	0,8 ⁽²⁾	-1,1 ⁽¹⁾	-0,7 ⁽¹⁾	7
3	1,0 ⁽²⁾	0,5 ⁽⁰⁾	1,4 ⁽²⁾	-0,4 ⁽⁰⁾	0,1 ⁽⁰⁾	0,3 ⁽⁰⁾	-0,4 ⁽⁰⁾	0,2 ⁽⁰⁾	-0,7 ⁽¹⁾	-0,7 ⁽¹⁾	6
4	1,1 ⁽²⁾	0,8 ⁽²⁾	1,9 ⁽²⁾	-1,1 ⁽¹⁾	0,1 ⁽⁰⁾	0,1 ⁽⁰⁾	-0,1 ⁽⁰⁾	0,2 ⁽⁰⁾	-1,1 ⁽¹⁾	-0,9 ⁽¹⁾	7
5	0,5 ⁽⁰⁾	0,8 ⁽⁰⁾	1,7 ⁽²⁾	-0,8 ⁽⁰⁾	0,3 ⁽⁰⁾	-1,3 ⁽¹⁾	0,5 ⁽⁰⁾	-0,2 ⁽⁰⁾	-1,3 ⁽¹⁾	-0,8 ⁽¹⁾	8
6	0,1 ⁽⁰⁾	0,4 ⁽⁰⁾	1,4 ⁽²⁾	-0,5 ⁽⁰⁾	0,4 ⁽⁰⁾	-1,7 ⁽¹⁾	0,8 ⁽⁰⁾	0,6 ⁽⁰⁾	-1,3 ⁽¹⁾	-1,5 ⁽¹⁾	9
7	0,5 ⁽⁰⁾	0,8 ⁽⁰⁾	2,6 ⁽²⁾	-1,1 ⁽¹⁾	0,2 ⁽⁰⁾	-1,6 ⁽¹⁾	0,6 ⁽⁰⁾	-0,1 ⁽⁰⁾	-1,4 ⁽¹⁾	-1,4 ⁽¹⁾	10
8	-1,0 ⁽¹⁾	-0,8 ⁽¹⁾	0,1 ⁽⁰⁾	-0,6 ⁽⁰⁾	-0,6 ⁽⁰⁾	0,7 ⁽⁰⁾	0,8 ⁽²⁾	-1,8 ⁽¹⁾	0,8 ⁽²⁾	0,6 ⁽⁰⁾	8
9	-0,4 ⁽⁰⁾	-0,7 ⁽⁰⁾	0,2 ⁽⁰⁾	-1,2 ⁽¹⁾	-0,9 ⁽⁰⁾	-0,2 ⁽⁰⁾	1,0 ⁽²⁾	-2,4 ⁽¹⁾	0,8 ⁽⁰⁾	1,1 ⁽²⁾	9
10	-1,7 ⁽¹⁾	-2,0 ⁽¹⁾	-1,3 ⁽⁰⁾	-1,4 ⁽¹⁾	-1,1 ⁽⁰⁾	-0,7 ⁽⁰⁾	2,0 ⁽²⁾	-0,4 ⁽⁰⁾	1,0 ⁽⁰⁾	1,5 ⁽²⁾	13

⁽⁰⁾, ⁽¹⁾ e ⁽²⁾ = Equilíbrio, deficiência e excesso nutricional, respectivamente.

Nesta situação, os índices CND negativos e positivos indicam respectivamente deficiência e excesso nutricional à medida que se distanciam do valor zero, sendo útil para identificação dos nutrientes mais limitantes tanto por deficiência (menor índice CND) ou por excesso (maior índice CND) (MOURÃO FILHO, 2004).

Já o índice de balanço nutricional (IBN), independente do estágio fenológico avaliado sempre ficou entre 4 e 26. Mourão Filho e Azevedo (2003) observaram alta correlação linear ($R^2 = 0,83$) entre a produtividade e o IBN em laranjeiras valência enxertadas em trifoliata (*Poncirus trifoliata*). Isso reforça que nestes pomares o desequilíbrio nutricional (altos valores de IBN) pode ser o principal responsável pela baixa produtividade, com menos importância para fatores não nutricionais.

Comparando-se entre si cada um dos diagnósticos obtidos para cada nutriente em amostragens foliares realizadas no florescimento pleno e, em plantas com frutos com três e seis meses de idade, verifica-se que o grau de concordância para maioria dos nutrientes sempre foram inferiores a 65%. Isto indica que houve variação no estado nutricional entre as três fases fenológicas nas glebas de baixa produtividade, mesmo utilizando normas CND específicas para cada período amostrado (Tabela 20).

Tabela 20. Grau de concordância, em percentagem, entre os diagnósticos nos pomares de laranjeiras Pera de baixa produtividade com folhas amostradas nos períodos do florescimento pleno (FP), em laranjeiras com frutos de três (LF3) e seis meses de idade (LF6), utilizando-se normas CND específica para cada estágio fenológico.

Nutrientes	Diagnóstico comparativo entre as diferentes épocas de amostragem foliar		
	FP Vs. LF3	FP Vs. LF6	LF3 Vs. LF6
	-----%		
N	40	40	30
P	10	30	50
K	20	30	70
Ca	50	60	50
Mg	50	60	70
B	60	50	40
Cu	70	70	80
Fe	60	50	50
Mn	60	30	10
Zn	60	50	70

As maiores variações nutricionais foram para N e P com graus de concordância no máximo de 50%. Por outro lado, o Cu foi o elemento que menos sofreu influência em relação

ao estado nutricional nas amostragens foliares realizadas em distintas épocas de amostragem, obtendo-se graus de concordância variando de 70% a 80%.

Os baixos graus de concordância entre as diferentes épocas de amostragem indicam que o estado nutricional de laranjeiras Pera na região de estudo é peculiar a cada fase fenológica, havendo diferenças e exigências nutricionais conforme a época do ano e/ou estágio fenológico. A grande diferença no diagnóstico nutricional na laranjeira Pera utilizando normas CND específicas comparativamente as normas não específicas para a mesma época de amostragem, confirma que as normas CND precisam ser específicas para cada período de amostragem (Tabela 21).

Tabela 21. Grau de concordância, em percentagem, entre os diagnósticos nos pomares de laranjeiras Pera de baixa produtividade utilizando-se normas CND específicas e não específicas para os estádios do florescimento pleno (FP), em laranjeiras com frutos de três (LF63) e seis meses de idade (LF6).

Normas CND	N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Média
-----%-----											
Amostragem no florescimento pleno											
FP Vs. LF3	50	50	50	50	50	100	100	80	80	80	69
FP Vs. LF6	60	20	30	50	60	70	100	80	90	90	65
Amostragem com frutos de três meses de idade											
LF3 Vs. FP	70	50	50	30	60	90	70	60	70	20	57
LF3 Vs. LF6	70	90	60	70	70	70	90	60	40	90	71
Amostragem com frutos de seis meses idade											
LF6 Vs. FP	70	80	10	60	40	80	50	70	40	50	55
LF6 Vs. LF3	100	70	10	80	90	60	70	50	20	90	64

As diferenças nos diagnósticos indicam variações nutricionais nas folhas dos pomares de baixa produtividade, que podem estar relacionadas às demandas nutricionais na frutificação, emissão de ramos vegetativos e reprodutivos. Neste caso, os efeitos de diluição e concentração do nutriente na folha tornam-se decisivos na variação do estado nutricional em cada período monitorado (JARREL; BERVERLY, 1981). Resultado semelhante foi observado para laranjeira valência cultivada na região de Cordeirópolis, Estado de São Paulo, onde a densidade do fluxo de seiva foi menor no inverno, em decorrência do déficit hídrico nesta época (VASCONCELOS et al., 2010).

Na maioria das literaturas, as recomendações de adubação para N, P e K, para laranjeiras durante a fase de produção baseiam-se na análise de solo e produtividade esperada dos pomares, sendo a única exceção à concentração de N foliar, que tem sido utilizada por se ajustar facilmente à produtividade e qualidade dos frutos (QUAGGIO et al., 2006). Contudo, o Ca e o Mg são supridos normalmente pela prática da calagem e, os micronutrientes têm sido aplicados conforme recomendação geral via foliar ou solo (QUAGGIO et al., 2005).

Neste sentido, o fato de se obter padrões de referência estabelecidos para o início da adubação principal (florescimento pleno) e para laranjeiras com frutos de três e seis meses de idade é particularmente importante, pois permite inserir a análise foliar como ferramenta decisiva no manejo da adubação principal, otimizando-a.

5.4 Conclusões

Ocorre variação quando ao estado nutricional da laranjeira Pera na Amazônia central conforme a época de amostragem foliar.

Na fase do florescimento pleno as concentrações foliares de N, P, K e Cu são maiores, enquanto de Ca e Zn são menores, comparativamente aos demais períodos fenológicos avaliados.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M.C.; BAUMGARTNER, J.G. Efeitos da adubação nitrogenada e potássica na produção e na qualidade de frutos de laranjeira-‘valência’. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 282-284, jul./set. 2002.

AULER, P.A.M. et al. Calagem e desenvolvimento radicular, nutrição e produção de laranja 'Valência' sobre porta-enxertos e sistemas de preparo do solo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 46, n. 2, p. 254-161, abr./jul. 2011.

BATAGLIA, O. C. DRIS-Citros: uma alternativa para avaliar a nutrição das plantas. Laranja, Cordeirópolis, v. 10, n. 2, p.565-576, abr./jun. 1989.

BOARETTO, R.M. et al. Acúmulo de nutrientes e destino do nitrogênio (15N) aplicado em pomar jovem de laranjeira. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 600-605, abr./jun. 2007.

CAMACHO, M.A. et al. Faixas normais de nutrientes pelos métodos ChM, DRIS e CND e nível crítico pelo método de distribuição normal reduzida para laranjeira-pera. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa – MG, v. 36, n. 3, p. 193-200, jul./set. 2012.

CARMO, C.A.F. de S. et al. Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados pela Embrapa Solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 41p.

CRESTE, J.E.; NAKAGAWA, J. Estabelecimento do método DRIS para a cultura do limoeiro em função da análise foliar. I – Cálculo das normas. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 19, n. 2, 295-305, abr./jun. 1997.

DIAS, J.R.M. et al. Normas DRIS para cupuaçuzeiro cultivado em monocultivo e em sistemas agroflorestais. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 45, n. 3, p. 64-71, mar. 2010.

DIAS, J.R.M. et al. DRIS formulas for evaluation of nutritional status of cupuaçu trees. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa – MG, v. 35, n. 3, p. 2083-2091, jul./set. 2011.

FAGERIA, N.K. et al. Foliar fertilization of crop plants. Journal of Plant Nutrition, New York, v. 32, n. 3, p. 1044-1064, mar. 2009.

FERNANDES, A.R. et al. Estado nutricional de pomares de laranjeira submetidos a diferentes manejos do solo. *Revista de Ciências Agrárias*, Belém, v. 53, n. 2, p. 52-58, abr./jun. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção agrícola estadual: lavoura permanente 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat>>. Acesso em: 27 Set. 2012.

JARREL, W.M.; BEVERLY, R.B. The dilution effect in plant nutrition studies. *Advances in Agronomy*, New York, v. 34, n. 3, p. 197-224, mar. 1981.

MATTOS JUNIOR, D. et al. Nutrient content of biomass components of Hamlin sweet orange trees. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.60, n. 2, p.155-160, abr./jun. 2003.

McCRAY, J.M. et al. Sugarcane Response to DRIS-Based Fertilizer Supplements in Florida. *Journal of Agronomy*, New York, v. 156, n.4, p. 66-75. apr. 2010.

MOURAO FILHO, F.A.A. DRIS: concepts and applications on nutritional diagnosis in fruit crops. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 61, n. 4, p. 550-560, out./dez. 2004.

MOURÃO FILHO, F.A.A.; AZEVEDO, J.C. DRIS norms for ‘Valencia’ sweet orange on three rootstocks. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 38, n. 3, p. 85-93, jul./set. 2003.

MOURÃO FILHO, F.A.A. et al. Funções e ordem da razão dos nutrientes no estabelecimento de normas DRIS em laranjeira Valência. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 37, n. 3, p. 185-192, jul./set. 2002.

PARENT, L.E. Diagnosis of the nutrient compositional space of fruit crops. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 321-334, abr./jun. 2011.

PARTELLI, F.L. et al. Diagnosis and recommendation integrated system norms, sufficiency range, and nutritional evaluation of Arabian coffee in two sampling periods. *Journal Plant Nutrition*, New York, v. 30, n. 3, p. 1651-1667, mar. 2007.

PARTELLI, F.L. et al. Estabelecimento de normas DRIS em cafeeiro conilon orgânico ou convencional no estado do Espírito Santo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa – MG, v. 30, n. 4, p. 443-451, out./dez. 2006.

QUAGGIO, J.A. et al. Manejo da fertilidade do solo na citricultura. In: MATTOS JUNIOR, D. et al. (Eds). Citrus. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2005. p. 483-507.

QUAGGIO, J.A. et al. Fruit yield and quality of sweet oranges affected by nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization in tropical soils. *Fruits*, Unidet Kingdom, v. 61, n. 2, p. 1-10, apr./june 2006.

SANTANA, J.G. et al. Estado nutricional da laranja pêra na região central do estado de Goiás avaliada pelas análises foliar e do solo. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 40-49, jul./set. 2007.

SANTANA, J.G. et al. Normas DRIS para interpretação de análises de folha e solo, em laranjeira pêra, na região central de Goiás. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 38, n. 4, p. 109-117, out./nov. 2008.

SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. Versão do programa computacional assistat para o sistema operacional windows. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustrial*, Campina Grande, v. 4, n.3, p. 71-78, jul./set. 2002.

VASCONCELOS, L.F.L. et al. Variação da densidade de fluxo de seiva e do potencial hídrico foliar nas faces leste e oeste da copa de laranjeira 'valência'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 35-46, jan./mar. 2010.

WADT, P.G.S. Relationships between soil class and nutritional status of coffee crops. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa – MG, v. 29, n.1, p. 227-234, jan./mar. 2005.

WADT, P.G.S.; DIAS, J.R.M. Normas DRIS regionais e inter-regionais na avaliação nutricional de café conilon. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 47, n. 3, p. 822-830, mar.. 2012.

WADT, P.G.S.; SILVA, D.J. Acurácia do diagnóstico nutricional de pomares de mangueiras obtidos por três fórmulas DRIS. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 45, n. 2, p. 1180-1188, fev. 2010

6 CONSIDERAÇÃO FINAL

Face ao elevado custo em tempo, recursos humanos e técnicos para o desenvolvimento de ensaios de calibração para obtenção tradicional de valores referência, o método DRIS mostra-se como ferramenta promissora na determinação de padrões nutricionais para laranjeiras cultivadas na região amazônica, principalmente na ausência destas informações.

REFERÊNCIAS

AITCHISON, J. The statistical analysis of compositional data. *Journal Royal State Society*, New York, v. 44, n.1, p. 139-177, jan. 1982.

ALVA, A. K.; MATTOS JUNIOR, D. PARAMASIVAM, S.; PATIL, B.; DOU, J.; SJAWAN, K. S. Potassium management for optimizing citrus production na quality. *International Journal of Fruit Science*, New York, v. 6, n. 3, p. 3-43, mar. 2006.

BEAUFILS, E. R. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). Bloemfontein: University of Natal, 1973. 132 p.

BEVERLY, R. B. DRIS Diagnoses of soybean nitrogen, phosphorus, and potassium status are unsatisfactory. *Journal Plant Nutrition*, New York, v. 16, n. 3, p. 1431-1447, mar. 1993.

CASARIN, V.; STIPP, S. R. Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2009. 24 p. (Informações Agrônômica, 128).

CAMACHO, M. A. et al. Faixas normais de nutrientes pelos métodos ChM, DRIS e CND e nível crítico pelo método de distribuição normal reduzida para laranjeira-pera. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa – MG, v. 36, n.1, p.193-200, jan./mar. 2012.

COELHO, T. da S.; NASCIMENTO, H. G. do. Citricultura no Amazonas: problemas, potencial produtivo e qualidade dos frutos. Cruz das almas: Embrapa mandioca e Fruticultura, 2004, 2 p. (Citros em foco, 26).

DIAS, J. R. M. et al. Normas DRIS para cupuaçuzeiro cultivado em monocultivo e em sistemas agroflorestais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 45, n. 1, p. 64-71, jan. 2010a.

DIAS, J. R. M. et al. Potencial de resposta a adubação para N, P, K, Ca e Mg em cupuaçueiros avaliados por diferentes normas DRIS. *Acta Amazônica*, Manaus, v. 41, n. 1, p. 77-82, jan./mar. 2011.

DIAS, J. R. M. et al. Relações nutricionais log-transformadas para avaliação nutricional de cupuaçueiros comerciais. *Acta Amazônica*, Manaus, v. 40, n. 1, p. 37-42, jan./mar. 2010b

DIAS, J. R. M. et al. Estabelecimento de normas DRIS para o cupuaçueiro na região amazônica. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 23, n. 4, p. 121-128, out./dez. 2010c.

DRECHSEL, P.; ZECH, W. Dris evaluation of teak (*Tectona grandis* L. f.) mineral nutrition and effects of nutrition and site quality on teak growth in West Africa. *Forest Ecology and Management*. New York, v. 70, n. 2, p. 121-133, feb. 1994.

ELWALI, A. M. O.; GASCHO, G. J. Soil testing, foliar analysis and DRIS as guides for sugarcane fertilization. *Agronomy Journal*, New York, v. 76, n. 08, p. 466-473, oct. 1984.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. Trad. Maria Edna Tenório Nunes. Londrina: Editora Planta, 2006. 404 p.

FAGERIA, N. K. et al. Foliar fertilization of crop plants. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v. 32, n. 1, p. 1044-1064, jan. 2009.

FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. *Revista Brasileira de Engenharia agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 2, n.1, p. 6-16, abr./jun. 1998.

FARNESI, M. de M. et al. Diagnose nutricional de cafeeiros da região do alto Jequitinhonha (Mg): normas DRIS e faixas críticas de nutrientes. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa – MG, v. 33, n. 2, p. 969-978, abr./jun. 2009.

FERNANDES, A. R. et al. Estado nutricional de pomares de laranjeira submetidos a diferentes manejos do solo. *Revista de Ciências Agrárias*, Belém, v. 53, n.1 p. 52-58, jan./mar. 2010.

FERNANDES, M. S. (Ed.). Nutrição mineral de plantas. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 342 p.

FONTES, P. C. R. Diagnóstico do estado nutricional das plantas. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 122 p.

GOMES, F. B. et al. Diagnóstico nutricional e eficiência fotossintética como indicadores do estabelecimento de mudas do mamoeiro (*Carica papaya* L.). *Revista Papaya Brasil*, Campina Grande, v. 3, n. 2, p. 55-62, abr./jun. 2005.

GUINDANI, R. R. H. P. et al. DRIS na avaliação do estado nutricional do arroz irrigado por inundação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa – MG, v. 33, n. 4, p. 109-118, out./dez. 2009.

HOOGERHEIDE, H. C. DRIS para avaliação do estado nutricional da soja em duas regiões do cerrado brasileiro. 2005. 94 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

JARREL, W. M.; BEVERLY, R. B. The dilution effect in plant nutrition studies. *Advances in Agronomy*, New York, v. 34, n.5, p. 197-224, May 1981.

JONES, W. W. Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analyses. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v. 12, n. 2, p. 785-794, feb. 1981.

KURIHARA, C. H. et al. Interpretação de resultados de análise foliar. Mato Grosso do Sul: Embrapa Agropecuária Oeste; Colombo; Embrapa Florestas, Dourados, 2005. 42 p. (Documentos, 74).

LETZSCH, W. S.; SUMNER, M. E. Effect of population size and yield level in selection of diagnosis and recommendation integrad system (DRIS) norms. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v. 15, n. 12, p. 997-1006, dez. 1984.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas: aspectos agrônômicos. 3. ed. São Paulo: ANDA, 2000. 72 p.

MAGALHÃES, A. F. de J. Nutrição mineral e adubação dos citros irrigados. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. 12 p. (Circular Técnica, 79).

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. 2. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E. et al. Seja o doutor dos seus citros. São Paulo: Potafos, 1994. 22 p. (Arquivo do Agrônomo, 04).

MATTOS JUNIOR, D. Nutrient content of biomass components of Hamlin sweet orange trees. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 60, n.1, p. 155-160, jan./mar. 2003.

MATTOS JUNIOR, D. Modelo de resposta do tangor Murcott à fertilização com N, P e K. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 26, n.2, p. 164-167, abr./jun. 2004.

MATTOS JUNIOR, D. et al. Nutrição dos citros, p. 197-291. In: MATTOS JUNIOR, D. et al. (Eds). Citrus. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 2005.

MAEDA, S. RONZELLI JUNIOR, P. Valores de referência do DRIS para a soja, cultivares EMBRAPA 59 e BR 37, em Carambeí – Paraná. Scientia Agrária, Piracicaba, v. 5 n. 1-2, p. 21-28, jan./jun. 2004.

MEDEIROS, J. C. et al. Relação cálcio: magnésio do corretivo da acidez do solo na nutrição e no desenvolvimento inicial de plantas de milho em um Cambissolo Húmico Álico. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 29, n. 2, p. 799-806, abr./jun. 2008.

MEHLICH, A. Mehlich 3 soil test extractant: a modification of Mehlich 2 extractant. Communication in Soil Science and Plant Analysis, New York, v.14, n. 2, p.1409-1416, feb. 1984.

MOURAO FILHO, F. A. A. DRIS: concepts and applications on nutritional diagnosis in fruit crops. Scientia Agrícola, Piracicaba, v. 61, n. 4, p. 550-560, out./dez. 2004.

MOURÃO FILHO, F. A. A.; AZEVEDO. J. C. DRIS norms for “Valencia” sweet orange on three rootstocks. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasileira, v. 38, n. 1, p. 85-93, jan. 2003.

MOURÃO FILHO, F. A. A. et al. Função e ordens da razão dos nutrientes no estabelecimento de normas DRIS em laranja “Valência”. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 37, n. 4, p. 185-192, out./dez. 2002.

NEVES, M. F. et al. O retrato da citricultura brasileira. Ribeirão Preto: CitrusBR, 2010. 137 p.

NOVAIS, R. F. et al. Fertilidade do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p.

PARENT, L. E. Diagnosis of the nutrient compositional space of fruit crops. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 321-334, abr./ jun. 2011.

PARENT, L. E.; DAFIR, M. A theoretical concept of Compositional Nutrient Diagnosis. *Journal of American Society of Horticultural Science*, New York, v. 117, n. 2, p. 239-242, feb. 1992.

PARTELLI, F. L. et al. Nutritional diagnosis of the organic conilon coffee trees (*Coffea canephora* Pierre ex Froehn): sufficiency range approach for leaves and soil. *Coffee Science*, Lavras, v. 1, n. 1, p. 43-49, jan./mar. 2006.

PRADO, R. de M. et al. *Nutrição de plantas: diagnose foliar em grandes culturas*. Jaboticabal: FCAV, Capes/Fundunesp, 2008. 301p.

QUAGGIO, J. A. Análise de solo para citros: métodos e critérios para interpretação. In: DONADIO, L. C. et al. (Coords.). SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITRUS – NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO, 4.; Bebedouro, 1996. Campinas: Fundação Cargill, 1996, p. 95-114.

QUAGGIO, J. A. et al. Manejo da fertilidade do solo na citricultura, p. 483-507. In: MATTOS JUNIOR, D. et al. (Eds). *Citrus*. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 2005.

QUAGGIO, J. A. et al. Fruit yield and quality of sweet oranges affected by nitrogen, phosphorus and potassium fertilization in tropical soils. *Fruits*, United Kingdom, v. 61, n. 5, p. 293-302, May 2006.

QUAGGIO, J.A.; PIZA JUNIOR, C.T. Micronutrientes para frutíferas tropicais, p. 459-491. In: FERREIRA, M.E. et al. (Eds). *Micronutrientes tóxicos e metais pesados na agricultura*. Jaboticabal: Potafós/Fapesp/CNPq, 2001.

RAIJ, B. V. et al. Extraction of phosphorus, potassium, calcium, and magnesium from soils by an ion-exchange resin procedure. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v. 17, n. 4, p.547-566, apr.1986.

RATHFON, R. A.; BURGER, J. A. Diagnosis and recommendation integrated sistem (DRIS) nutrient norms for Fraser Christmas trees. *Forest Science*, New York, v. 37, n. 05, p. 998-1010, May 1991.

REIS JUNIOR, R. A. Dris norms universality in the corn crop. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v. 33, n. 4, p. 711-735, Apr. 2002.

RIBEIRO, A. C. et al. Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 359 p.

ROCHA, A. C. et al. Normas DRIS para cultura do milho semeado em espaçamento reduzido na região de Hidrolândia, GO, Brasil. Bioscience Journal, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 50-60, jul./set. 2007.

RODRÍGUEZ, O.; V. RODRÍGUEZ, V. Desarrollo, determinación e interpretación de normas DRIS para el diagnóstico nutricional em plantas. Revista de la Facultad de Agronomía LUZ, Bogotá, v.17, n.1, p. 449-470, Jan, 2000.

SANTOS, A. L. et al. Estabelecimento de normas DRIS para o diagnóstico nutricional do coqueiro-anão verde na região norte fluminense. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 26, n. 7, p. 30-35, jul. 2004.

SANTANA, J. G. et al. Normas DRIS para interpretação de análises de folha e solo, em laranjeira pêra, na região central de Goiás. Pesquisa Agropecuária Tropical, Jaboticabal, v. 38, n.1, p 109-117, jan./mar. 2008.

SERRA, A. P. et al. Desenvolvimento de normas DRIS e CND e avaliação do estado nutricional da cultura do algodoeiro. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa – MG, v. 34, n.1, p. 105-113, jan./mar. 2010.

SILVA, G. G. C. et al. Avaliação da universalidade das normas DRIS, M-DRIS e CND. Revista Brasileira de Ciência do solo, Viçosa – MG, v. 29, n. 4, p. 755-761, out./dez. 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal. Trad: SANTARÉM, E. R. et al. 3. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 722 p.

TEIXEIRA, L. A. J. et al. Avaliação do estado nutricional de bananeiras do subgrupo cavensish no estado de São Paulo: normas DRIS e níveis críticos de nutrientes. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 29, n.1 p. 613-620, jan./ mar. 2007.

TEIXEIRA, L. A. J. et al. Diagnose nutricional para nitrogênio e potássio em bananeira por meio do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) e de níveis críticos. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 530-535, abr./jun. 2002.

TERRA, M. M. et al. Avaliação do estado nutricional da videira 'itália' na região de Jales, SP, usando o sistema integrado de diagnose e recomendação. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 309-314, abr./jun. 2003.

VELOSO, C. A. C. et al. Diagnose nutricional pela análise foliar de pomares de laranjeiras no nordeste paraense. *Revista Ciências Agrárias*, Belém, v. 4, n. 2, p. 47-55, out./dez. 2002.

WADT, P. G. S. Relationships between soil class and nutritional status of coffee crops. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa – MG, v. 29, n.1, p. 227-234, jan./mar. 2005.

WADT, P.G.S.; DIAS, J.R.M. Normas DRIS regionais e inter-regionais na avaliação nutricional de café conilon. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 47, n.1, p. 822-830, jan./mar. 2012.

WADT, P. G. S.; NOVAIS, R. F. de. O monitoramento nutricional frente aos métodos diagnósticos no planejamento das adubações. In: WADT, P. G. S.; MALAVOLTA, E. (Org.). *Monitoramento nutricional para a recomendação de adubação de culturas*. Piracicaba: Potafos, 1999, p. 70-80.

WADT, P. G. S. et al. Valores de referência para macronutrientes em eucalipto obtidos pelos métodos DRIS e chance matemática. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa – MG, v. 22, n. 4, p. 685-692, out./nov. 1998.

WADT, P. G. S.; SILVA, D. J. Acurácia do diagnóstico nutricional de pomares de mangueiras obtido por três fórmulas DRIS. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 45, n. 1, p. 1180-1188, jan. 2010.

WADT, P. G. S.; SILVA, D. J.; MAIA, C. E.; TOME JUNIOR, J. B.; COSTA PINTO, P. A. da; MACHADO, P. L. O. de A. Modelagem de funções no cálculo dos índices DRIS. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 42, n. 2, p. 57-64, fev. 2007.

WALWORTH, J. L. et al. Generation of soil tissue norms from a small, high-yield data base. *Communications in Soil Science and Plant analysis*, New York, v. 19, n. 03, p. 563-577, mar. 1988.

WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). *Advances in Soil Sciences*, New York, v.12, n. 6, p.149-188, June 1987.