

# Níveis críticos e faixas de suficiência nutricional em laranja-pêra na Amazônia Central obtidas pelo método DRIS

Jairo Rafael Machado DIAS<sup>1</sup>, Carlos Alberto Franco TUCCI<sup>2</sup>, Paulo Guilherme Salvador WADT<sup>3</sup>, Aldilane Mendonça da SILVA<sup>4</sup>, José Zilton Lopes SANTOS<sup>5</sup>

## RESUMO

A avaliação do estado nutricional da laranja 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-pêra em diversas glebas na Amazônia Central (municípios de Iranduba, Manacapuru, Manaus, Presidente Figueiredo e Rio Preto da Eva). Utilizou-se o Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação de relações multivariadas (DRIS) para estabelecer os valores de referência nutricional. O diagnóstico nutricional de 120 glebas comerciais de laranjeiras-pêra, 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 ( $\text{g kg}^{-1}$ ): 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 ( $\text{mg kg}^{-1}$ ): 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 ( $\text{g kg}^{-1}$ ): 28 (para N); 1,6 (P); 7 (K); 26 (Ca); 3,6 (Mg); 1,7 (S) e para os micronutrientes ( $\text{mg kg}^{-1}$ ): 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.

## Critical levels and nutrient sufficiency ranges in orange of the Central Amazon determined by DRIS method

### ABSTRACT

The nutritional status of orange trees depends of reference values that are appropriate to reflect their nutritional condition. The objective this work was to assess the nutrient reference values and evaluated the nutritional status of sweet orange trees 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 relation (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 ( $\text{g kg}^{-1}$ ): 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 ( $\text{mg kg}^{-1}$ ): 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 ( $\text{g kg}^{-1}$ ): 28 (for N); 1.6 (P); 7 (K); 26 (Ca); 3.6 (Mg); 1.7 (S) and for micronutrients ( $\text{mg kg}^{-1}$ ): 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. In about 50% of orchards, the elements P, K, Ca, S, B, Cu e 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.

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical (PPG-AT), Universidade Federal do Amazonas, UFAM – Av. General Rodrigo Octávio Jordão Ramos, 3000, Campus Universitário, Coroado I, Setor Sul, Bloco A, Coordenação do PPG-AT, CEP: 69.077-000, Manaus – AM, Brasil. E-mail: jairorafaelmdias@hotmail.com

<sup>2</sup> PPG-AT/UFAM. E-mail: ctucci@ufam.edu.br

<sup>3</sup> Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agroflorestal do Acre – Rodovia BR 364, Caixa Postal 321, km 14, CEP: 69.900-056, Rio Branco – AC, Brasil. E-mail: paulogswadt@dris.com.br

<sup>4</sup> PPG-AT/UFAM. E-mail: aldileo01@hotmail.com

<sup>5</sup> PPG-AT/UFAM. E-mail: ziltton@yahoo.com.br

## 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 sadias 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 por faixas de suficiência (FS) (Kurihara *et al.* 2005).

O 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 àquelas 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 (Santana *et al.* 2007; Fernandes *et al.* 2010). 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 (Santana *et al.* 2008; Camacho *et al.* 2012).

Na Amazônia central, a citricultura consiste de 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-pêra 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-pêra no estado do Amazonas, utilizando o método DRIS.

## MATERIAL E MÉTODOS

Cento e vinte glebas comerciais de laranjeiras-pêra (*Citrus sinensis* L. Osbeck) enxertadas em limoeiro cravo (*Citrus limonia* Osbeck), com população de 208 a 408 plantas ha<sup>-1</sup> 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 da Tabela 1.

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<sup>-1</sup>. 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 vinte e cinco 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<sup>-1</sup>).

A seguir, calculou-se o valor do complemento dos nutrientes para o total da biomassa da folha, denominado de valor R, conforme a expressão:  $R = 100 - (vN + vP + vK + vCa + vMg + vS + vB + vCu + vFe + vMn + vZn)$ . 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<sup>-1</sup>. Ainda, em cada amostra foliar calculou-se a média

**Tabela 1** - Valores médios, desvio padrão (DP), mínimo (Mín.) e máximo (Máx.) das características do solo nas glebas de laranja-pêra, 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.
		(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )				(mg dm <sup>-3</sup> )			g kg <sup>-1</sup>	%
<b>Iranduba</b>										
Média	4,99	1,76	0,58	1,68	1,05	3,98	37,75	21,62	26,46	46
DP	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
<b>Manacapuru</b>										
Média	4,59	3,73	1,58	1,12	0,77	5,15	26,88	27,22	22,73	52
DP	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
<b>Manaus</b>										
Média	4,98	1,53	0,40	2,06	1,11	5,19	35,00	24,22	43,79	55
DP	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
<b>Presidente Figueiredo</b>										
Média	4,60	2,13	0,68	1,56	0,88	3,21	31,38	28,39	20,54	47
DP	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
<b>Rio Preto da Eva</b>										
Média	5,06	1,83	0,86	1,54	0,83	4,33	36,63	23,77	19,71	72
DP	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

geométrica (mGeo) dos teores nutricionais, pela expressão:  $mGeo = (\sqrt[n]{vN \times vP \times vK \times vCa \times vMg \times vS \times vB \times vCu \times vFe \times vMn \times vZn \times R})^{(1/12)}$ .

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:  $zX = \ln(vX/mGeo)$ , 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):  $I_X = (Zx - mX)/sX$ . Em que: I<sub>X</sub>, 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) 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:  $IC = mX \pm t \cdot s_{mX}$ . Em que, mX e s<sub>mX</sub> 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 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<sup>-1</sup>) e miligramas por quilograma (mg kg<sup>-1</sup>) 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 ( $\chi^2$ ), ao nível de 1% de probabilidade.

## RESULTADOS

As normas DRIS de relações multivariadas estão apresentadas na Tabela 2. Com base neste conjunto de normas, das 120 glebas de laranjeiras-pêra 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 (Tabela 3).

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 (Tabela 3).

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. Já P, Mg e S são exigidos praticamente na mesma ordem de grandeza (1,3 a 5 g kg<sup>-1</sup>) (Tabela 4).

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 quando a 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 5).

**Tabela 2** - 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-pêra cultivada na Amazônia Central.

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

**Tabela 3** - Distribuição de frequência das 120 glebas de laranjeiras-pêra 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 ( $\chi^2$ ) e significância do teste qui-quadrado.

Nutriente	Insuficiência	Equilíbrio	Excesso	$\chi^2$	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%
Fe	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		

Todas as FS utilizadas para interpretação do estado nutricional foram unânimes em apontar alto teor foliar de N na maioria das glebas monitoradas. Já o P foi considerado deficiente em quase metade destas mesmas glebas, utilizando-se das FS descritas neste trabalho. 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 autores da literatura, indiscriminadamente, diferente das faixas estimadas neste trabalho que apontaram menos da metade das glebas sob estado de deficiência nutricional (Tabela 5).

**Tabela 4** - 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-pêra nutricionalmente equilibradas cultivadas na Amazônia Central pelo uso do DRIS de relações multivariadas (n= número de glebas envolvidas).

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

**Tabela 5** - Frequência com que as 120 glebas de laranjeiras-pêra 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
Frequencia											
Malavolta <i>et al.</i> (1994) <sup>1</sup>											
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
$\chi^2$ (1 Vs. 2)	0,1 <sup>ns</sup>	0**	0,1 <sup>ns</sup>	0**	0**	1 <sup>ns</sup>	0**	0**	0**	0,6 <sup>ns</sup>	0**
Quaggio <i>et al.</i> (2005) <sup>2</sup>											
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
$\chi^2$ (2 Vs. 3)	0**	0**	0**	0**	0**	0**	0**	0**	0**	0**	0**
Este trabalho <sup>3</sup>											
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
$\chi^2$ (1 Vs. 3)	0**	0**	0**	0**	0**	0**	0**	0**	0**	0**	0**

$\chi^2$  = Cálculo do qui-quadrado; <sup>ns</sup> e \*\* = não significativo e significativo a 1% pelo teste F.

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. Já o Mg independente do padrão nutricional utilizado para interpretação do teor foliar foi apontado sob excesso na maioria das glebas monitoradas. Para S tanto os padrões nutricionais sugeridos pela literatura quanto as faixas estimadas neste trabalho indicaram ser este o elemento mais comumente encontrado na classe de deficiência nutricional (Tabela 5).

A FS proposta neste trabalho apontaram Fe e Cu como nutrientes frequentemente sob estado de deficiência nutricional (51% e 48%, respectivamente das glebas monitoradas). Entretanto quanto se utiliza o método DRIS para avaliação do estado nutricional, observa-se que estes mesmos elementos foram considerados frequentemente equilibrados (Tabela 3).

Para Mn e Zn as FS definidas pela literatura apontam deficiência generalizada, estando acima de 96% e 89%, respectivamente nas glebas avaliadas. Já 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 5).

## DISCUSSÃO

O desequilíbrio nutricional generalizado de K em contraste aos demais nutrientes (Tabela 3), justifica-se pelo seu baixo teor encontrado no solo na maioria das glebas monitoradas (Tabela 1). Possivelmente, os baixos teores de K encontrados no solo sejam reflexos da ausência de adubações

equilibradas nestas glebas. 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).

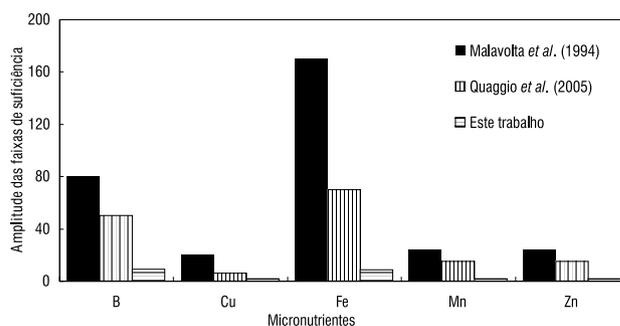
A distribuição aleatória para a maioria dos nutrientes (Tabela 3) pode ser explicada pelo fato das normas DRIS serem oriundas do conjunto da população utilizada para a avaliação nutricional, situação que também já foi constatada para cupuaçueiros cultivados na região amazônica (Wadt *et al.* 2011).

De forma geral, observa-se que a FS estimada neste trabalho é invariavelmente menor que a amplitude indicada para os teores dos mesmos nutrientes por outros autores, em especial, para os micronutrientes (Figura 1). Essa pequena amplitude da faixa estimada ocorre devido ao baixo desvio padrão dos teores nutricionais da população nutricionalmente equilibrada (Tabela 4). 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 4).

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-pêra foram diferentes das FS recomendada pela literatura.

Diferenças entre padrões nutricionais já foram relatadas na literatura por diferentes autores (Santana *et al.* 2008; Farnesi *et al.* 2009) e, se relaciona a diferentes condições



**Figura 1** - Amplitude das faixas de suficiência para B, Cu, Fe, Mn e Zn na cultura da laranja-pêra proposta por dois autores e neste trabalho.

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-pêra nos estados do Pará e São Paulo, respectivamente.

O alto teor foliar de N na maioria das glebas monitoradas 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 fertilizações (Tabela 5).

A deficiência generalizada de P nas glebas possivelmente está atribuído ao baixo teor deste elemento no solo (Tabela 1). Agrava-se este fato a ineficiência da adubação fosfatada, seja pela quantidade insuficiente do nutriente utilizado nas fertilizações ou pela fixação de fósforo, devido as características físico-química dos solos da região (Falcão e Silva 2004).

A baixa capacidade da FS estimada neste trabalho detectar deficiência de K comparativamente as FS da literatura provavelmente está associada as normas DRIS. Pois como os teores foliares de K foram abaixo de  $13 \text{ g kg}^{-1}$ , a faixa normal estimada tende a ser baixa comparativamente aos padrões nutricionais sugeridos pela literatura, consequentemente diminui a capacidade da FS estimada detectar glebas nutricionalmente deficientes. Isto indica que as adubações aplicadas em todas glebas monitoradas não fornecem quantidades adequadas de K.

A deficiência generalizada de K e Ca nestas glebas, possivelmente esta ocorrendo pelo desequilíbrio entre K, Ca e Mg no solo refletindo em baixos teores de K, Ca e alto teor de Mg nas folhas. 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).

A deficiência de S 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-pêra na região central de Goiás (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.

De forma semelhante a este trabalho, Fernandes *et al.* (2010) observaram que Cu e Mn também foram limitantes para produção de laranja pêra no estado do Pará. A discordância entre o diagnóstico nutricional proporcionado pelo método DRIS e pelas FS estimadas neste trabalho para Fe e Cu, justifica-se pelo fato das FS serem oriundas dos teores médios nutricionais da população nutricionalmente equilibrada. Neste caso, quanto menor o desvio padrão entre os teores nutricionais do conjunto de glebas referência, proporcionalmente será a amplitude da faixa ótima estimada, consequentemente aumenta-se a capacidade da FS na detecção de glebas sob estado de desequilíbrio nutricional comparativamente a utilização de FS com maiores amplitudes.

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-pêra na região Goiás, pois sua deficiência seria comum em solos brasileiros, principalmente com a cultivar pêra (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 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  $11 \text{ t ha}^{-1}$ , se comparado a São Paulo ( $26 \text{ t ha}^{-1}$ ), 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.

## CONCLUSÕES

Para maioria dos nutrientes, os valores nutricionais estimados não foram concordantes com os valores da literatura e grande parte das glebas monitoradas encontram-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. Isto sugere que os produtores de laranja na Amazônia Central deveriam atentar-se para estes elementos no planejamento das fertilizações.

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 alternativa promissora para determinação de NC e FS para laranjeiras, principalmente na ausência de informações nutricionais.

## AGRADECIMENTOS

Ao Projeto PI-Citros/FAPEAM pelo auxílio à pesquisa.

## BIBLIOGRAFIA CITADA:

- Beverly, R.B. 1993. DRIS Diagnoses of soybean nitrogen, phosphorus, and potassium status are satisfactory. *Journal of Plant Nutrition*, 16:1431-1447.
- Boaretto, R.M.; Mattos Junior, D.; Trivelin, P.C.O.; Muraoka, T.; Boaretto, A. E. 2007. Acúmulo de nutrientes e destino do nitrogênio (<sup>15</sup>N) aplicado em pomar jovem de laranja. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 29: 600-605.
- Camacho, M. A.; Silveira, M. V. da; Camargo, R. A.; Natale, W. 2012. Faixas normais de nutrientes pelos métodos ChM, DRIS e CND e nível crítico pelo método de distribuição normal reduzida para laranja-pêra. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36: 193-200.
- Duenhas, H.L.; Villas Boas, R.L. Souza, C.M.P.; Oliveira, M.V.A.M.; Dalri, A.B. 2005. Produção, qualidade dos frutos e estado nutricional de laranja valência sob fertirrigação e adubação convencional. *Engenharia Agrícola*, 25: 154-160.
- Fageria, N.K.; Barbosa Filho, M.P.; Moreira, A.; Guimarães, C.M. 2009. Foliar fertilization of crop plants. *Journal of Plant Nutrition*, 32: 1044-1064.
- Falcão, N.P. de S.; Silva, J.R.A. 2004. Características de adsorção de fósforo em alguns solos da Amazônia Central. *Acta Amazonica*, 34: 337-342.
- Farnesi, M. de M.; Silva, E. de B.; Guimarães, P.T.G. 2009. Diagnóstico nutricional de cafeeiros da região do alto Jequitinhonha (MG): normas DRIS e faixas críticas de nutrientes. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33: 969-978.
- Fernandes, A.R.; Reis, I.N.R.S.; Noronha, N.C. 2010. Estado nutricional de pomares de laranja submetidos a diferentes manejos do solo. *Revista de Ciências Agrárias*, 53: 52-58.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. 2011. *Produção agrícola municipal 2010: culturas temporárias e permanentes*. IBGE, Rio de Janeiro. 91pp. (<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=am&tema=lavourapermanentes2010>). Acesso em 04/03/2012.
- Kurihara, C.H.; Maeda, S.; Alvarez V., V.H. 2005. *Interpretação de resultados de análise foliar*. Embrapa Agropecuária Oeste; Colombo; Embrapa Florestas, Dourados, Mato Grosso do Sul. 42pp. (Documentos, 74).
- Lana, R.M.Q.; Oliveira, S.A.; Lana, A.M.Q.; Faria, M.V. 2010. 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*, 34: 1147-1156.
- Malavolta, E. Prates, H.S.; Casale, H.; Leão, H.C. 1994. *Seja o doutor dos seus citros*. Potafós, Piracicaba, São Paulo. 22pp. (Informações Agrônomicas, 65).
- Malavolta, E.; Vitti, G.C.; Oliveira, S.A. de. 1997. *Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações*. 2 ed., rev. e atual. Potafós, Piracicaba, São Paulo, 319pp.
- Mattos Junior, D.; Quaggio, J.A.; Cantarella, H. 2001. Calagem e adubação dos citros. *Informe Agropecuário*, 22: 39-46.
- Medeiros, J.C.; Albuquerque, J.A.; Mafra, A.L.; Rosa, J.D.; Gatiboni, L.C. 2008. 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*, 29: 799-806.
- Parent, L.E. 2011. Diagnosis of the nutrient compositional space of fruit crops. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33: 321-334.
- Quaggio, J.A.; Mattos Junior, D.; Boaretto, R. M. 2011. Sources and rates of potassium for sweet orange production. *Scientia Agricola*, 68: 369-375.
- Quaggio, J.A.; Mattos Junior, D.; Cantarella, H. 2005. Manejo da fertilidade do solo na citricultura, p. 483-507. In: Mattos Junior, D.; De Negri, J.D.; Pio, R.M.; Pompeu Junior, J. (Eds). *Citrus*. Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, São Paulo.
- Quaggio, J.A.; Piza Junior, C.T. 2001. Micronutrientes para frutíferas tropicais, p. 459-491. In: Ferreira, M.E.; Cruz, M.C.P.; Raij, B. Van; Abreu, C.A. (Eds). *Micronutrientes tóxicos e metais pesados na agricultura*. Potafós/Fapesp/CNPq, Jaboticabal, São Paulo.
- Santana, J. das G.; Leandro, W.M.; Naves, R.V.; Cunha, P.P. 2008. Normas DRIS para interpretação de análises de folha e solo, em laranja pêra, na região central de Goiás. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 38: 109-117.
- Santana, J. das G.; Leandro, W.M.; Naves, R.V.; Cunha, P.P.; Rocha, A.C. 2007. Estado nutricional da laranja pêra na região central do estado de Goiás avaliada pelas análises foliar e do solo. *Bioscience Journal*, 23: 40-49.
- Serra, A.P.; Marchetti, M.E.; Vitorino, A.C.T.; Novelino, J.A.; Camacho, M.A. 2010. Determinação de faixas normais de nutrientes no algodoeiro pelos métodos ChM, CND e DRIS. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34: 97-194.

- Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM. 2005. *Boletim climático da Amazônia*. Divisão de meteorologia, Manaus, Amazonas. 2pp.
- Urano, E.O.M.; Kurihara, C.H.; Maeda, S.; Vitorino, A.C.T.; Gonçalves, M.C.; Marchetti, M.E. 2007. 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*, 31: 63-72.
- Wadt, P.G.S. 2005. Relationships between soil class and nutritional status of coffee plantations. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29: 227-234.
- Wadt, P.G.S.; Dias, J.R.M.; Perez, D.V.; Lemos, C.de O. 2011. Fórmulas DRIS para o diagnóstico nutricional de pomares de cupuaçueiros. *Bragantia*, 70: 649-656.
- Wadt, P.G.S.; Novais, R.F.; Alvarez V., V. H.; Fonseca, V.; Barros, N.F. 1998. Valores de referência para macronutrientes em eucalipto obtidos pelos métodos DRIS e chance matemática. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 22: 685-692.

Recebido em: 09/02/2012

Aceita em: 11/07/2012