

NUTRIÇÃO DE PLANTAS

DIAGNOSE FOLIAR EM FRUTÍFERAS



Editor:
Renato de Mello Prado

Nutrição de Plantas:

Diagnose Foliar em Frutíferas

Renato de Mello Prado

Editor

Jaboticabal - SP

2012

2012 Renato de Mello Prado

Diagramação: Flávia Maria Martucci Vidureto e Walter Liberato Martuccio

Impressão: Gráfica Multipress Ltda.

Revisão Gramatical: Vitório Barato Neto

Pedidos para: GENPLANT Grupo de Estudos em Nutrição de Plantas da UNESP

Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/nº

Departamento de Solos e Adubos

CEP: 14884-900 – Jaboticabal – SP

Site: www.nutricaoodeplantas.agr.br

N976

Nutrição de plantas: diagnose foliar em frutíferas / Editor Renato de Mello Prado. – Jaboticabal: FCAV/CAPES/FAPESP/CNPq, 2012

579p. : il.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-61848-09-5

1. Plantas-nutrição. 2. Frutíferas-diagnose foliar. I. Prado, Renato de Mello. II. Título.

CDU 631.811

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

Não é permitida a reprodução total ou parcial desta obra sem a autorização expressa dos editores.

Tiragem: 1.000 exemplares

ÍNDICE

Capítulo 1

A fruticultura brasileira: história e desafios	11
--	----

Capítulo 2

Avanços e desafios da nutrição mineral de frutíferas	35
--	----

Capítulo 3

Impacto do estresse abiótico na fisiologia, na nutrição mineral e no crescimento de plantas no contexto das mudanças climáticas.	75
--	----

Capítulo 4

Contribuição do uso eficiente de fertilizantes na nutrição das plantas	95
--	----

Capítulo 5

Contribuição do DRIS para o manejo da adubação de frutíferas	123
--	-----

Capítulo 6

Diagnose foliar de mudas cítricas	149
---	-----

Capítulo 7

Diagnose foliar na cultura do citros	175
--	-----

Capítulo 8

Diagnose foliar na cultura da banana	199
--	-----

Capítulo 9

Diagnose foliar nas culturas do maracujá e do abacaxi	227
---	-----

Capítulo 10

Diagnose foliar na cultura do mamão.....	259
--	-----

Capítulo 7

Diagnose Foliar na Cultura do Citros

Dirceu Mattos Júnior¹

Rodrigo Marcelli Boaretto¹

José Antônio Quaggio²

7.1 Introdução

Os estudos pioneiros sobre a nutrição dos citros foram desenvolvidos, principalmente, nas décadas de 30 e 60 do século passado, com plantas crescidas em soluções nutritivas e no campo, para verificar efeitos do suprimento e da omissão de nutrientes sobre sintomas visuais de desordens nutricionais, absorção de nutrientes, composição mineral das plantas e produção de frutos (BRYAN, 1957; CHAPMAN, 1960, 1968; SMITH, 1966). Com base nesses resultados, promoveu-se o emprego de análises químicas para a avaliação do estado nutricional dos citros e da disponibilidade dos nutrientes no solo. Este foi um dos primeiros passos para estabelecer estratégias de manejo de nutrientes para os citros, como afirmou Chapman (1960): *“Muito do trabalho de generalização pode agora ser desprezado na adubação dos citros com o uso sistemático da análise de folhas, complementada com a análise de solo apropriada e outras informações que podem ser obtidas com o diagnóstico visual, conhecimento de solo, histórico de adubação e práticas culturais...”*.

Embora as recomendações de adubação dos citros no Brasil, até meados da década de 70, tenham sido adaptadas com base em informações

¹ Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador do Centro de Citricultura Sylvio Moreira, Instituto Agronômico, Rod. Anhanguera, km 158, CEP 13490-970, Cordeirópolis-SP, Bolsista PQ do CNPq, ddm@centrodecitricultura.br

² Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador do Centro de Solos e Recursos Ambientais, Instituto Agronômico, Av. Barão de Itapura, 1481, CEP 13020-902, Campinas-SP.

das citriculturas da Flórida e da Califórnia (EUA), a partir daquele pressuposto, geraram-se informações que conseguissem correlacionar crescimento da planta e produção de frutos com os teores de nutrientes na planta e a disponibilidade no solo mais o suprimento pela adubação (MATTOS Jr. et al., 2005).

Assim, desenvolveu-se método para análise química de solo com resinas trocadoras de íons, o qual demonstrou ser mais ajustado às condições tropicais e permitiu melhor avaliar a disponibilidade de nutrientes nos pomares. Concomitantemente, iniciou-se também extensa rede de experimentos no campo para a calibração dos resultados de análises de solo e de folhas com a produção dos citros (CANTARELLA et al., 1994; QUAGGIO et al., 1998).

Essas ações buscaram definir diferenças entre variedades de copas e porta-enxerto características à nossa citricultura, e também entre solos, cuja acidez, baixa fertilidade natural e alta capacidade de fixação de fósforo apontavam para a necessidade de critérios diagnósticos para as condições nossas, locais.

Destaca-se, então, que o manejo dos citros tem visado ao suprimento de nutrientes em quantidades suficientes e com sincronismo com os períodos de maior demanda da planta para otimizar a produção e a qualidade de frutos e minimizar os possíveis impactos ambientais adversos em vista do uso de fertilizantes. Sua base é a adoção de estratégias de: *i.* monitoramento (diagnóstico de campo e avaliação dos resultados das análises de solo e de folhas); *ii.* tomada de decisão (definição de doses, fontes, épocas de aplicação, frequência e localização dos fertilizantes); *iii.* modo de aplicação (métodos - *e.g.* sólido ou fertirrigado, precisão, etc.) e *iv.* análise de pontos críticos (determinação: se a resposta desejada e seus componentes foram obtidos).

Neste contexto, o presente capítulo descreve a importância da diagnose foliar na citricultura, realizada por meio da análise química de folhas e da interpretação de seus resultados, da identificação de sintomas visuais de desordens nutricionais e de novas fronteiras para o entendimento do estado nutricional dos citros como ferramenta para o aumento da eficiência de produção no campo.

7.2 Estado nutricional dos citros

Cerca de 95% da matéria seca das plantas são formados por moléculas de carbono, hidrogênio e oxigênio fixadas através do processo fotossintético. Os nutrientes minerais, absorvidos principalmente pelas raízes das plantas e, em menor quantidade, pelas folhas, representam os outros 5% da matéria de massa seca total, cuja deficiência ou excesso durante o ciclo da cultura resultam em injúria, desenvolvimento anormal ou morte da planta. Isto se deve ao fato de aqueles elementos participarem diretamente no metabolismo vegetal como componentes estruturais ou cofatores (ativador enzimático, carregador eletrônico ou osmorregulador) de reações bioquímicas da planta.

As plantas cítricas têm demandas por nutrientes que variam conforme estágios fenológicos, distribuídos entre o florescimento até a maturação dos frutos, os quais são agrupados nas fases de vegetação, indução ou diferenciação floral, florescimento e frutificação (ERICKSON, 1968). Assim, o desenvolvimento adequado e, conseqüentemente, a alta produtividade dos citros dependem da diagnose correta do estado nutricional das plantas, da disponibilidade dos nutrientes no solo e do fornecimento em quantidades suficientes e nos períodos de maior demanda.

A diagnose foliar, em princípio, simples de ser usada, precisa de cuidados para diagnósticos precisos, uma vez que as plantas respondem a todas as modificações impostas ao seu ambiente de crescimento. Apesar das dificuldades existentes, o uso da análise de plantas é consolidado, tendo aplicações no monitoramento nutricional das plantações, confirmação de sintomas visíveis de desequilíbrios nutricionais, identificação de distúrbios sem sintomas bem definidos, identificação de interações e antagonismos de nutrientes. Outros métodos, como análises bioquímicas, já apresentam maiores limitações. Mais recentemente, vê-se a alternativa da análise de extratos de seiva, cujo método auxiliará na avaliação das respostas das plantas ao ambiente.

Uma das peculiaridades das plantas cítricas é o fato de a concentração de Ca nas folhas ser superior à de outros nutrientes, incluindo o N, em todos os tecidos, com exceção dos frutos (Tabela 1), cuja característica não é comum a outras culturas.

Tabela 1- Concentração de nutrientes nas várias partes da laranjeira, com 6 anos de idade.

Partes da planta	N	K	P	Ca	Mg	S
----- g kg ⁻¹ -----						
Folha <6 meses	25,5	13,8	2,3	36,8	3,0	2,3
Folha >6 meses	23,4	10,3	1,5	46,5	1,9	3,1
Ramo <1,5 cm diâm.	7,8	4,1	1,3	16,7	1,4	0,8
Ramo >1,5 cm diâm.	4,1	2,9	0,8	8,5	0,6	0,4
Tronco	4,4	3,1	0,7	5,4	0,4	0,4
Fruto	8,3	10,7	1,3	4,0	0,8	0,6
Raiz principal	3,8	2,6	0,4	5,2	0,3	0,3
Raiz fibrosa ^a	15,5	9,9	1,3	8,7	3,2	2,5
Raiz lenhosa ^b	7,7	6,1	1,1	6,5	0,9	0,6
Raiz lenhosa ^c	6,1	4,4	0,8	6,7	0,7	0,5
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
----- mg kg ⁻¹ -----						
Folha <6 meses	54	13	71	13	14	
Folha >6 meses	103	22	135	28	26	
Ramo <1,5 cm diâm.	17	8	35	3	14	
Ramo >1,5 cm diâm.	14	4	36	2	12	
Tronco	12	6	71	2	29	
Fruto	19	5	28	3	6	
Raiz principal	15	4	44	2	21	
Raiz fibrosa ^a	29	116	536	250	409	
Raiz lenhosa ^b	17	15	99	13	65	
Raiz lenhosa ^c	14	8	59	5	37	

^a < 0,2 cm diâmetro; ^b 0,2-1,0 cm diâmetro; ^c > 1,0 cm diâmetro. Fonte: Mattos Jr. et al. (2003).

7.2.1 Análise química das folhas

O uso da concentração de nutrientes nas folhas como critério para a avaliação do estado nutricional das plantas foi posto em prática, inicialmente, por Lagatu e Maume (1934), tomando por base as relações existentes entre a taxa de crescimento e o conteúdo de nutrientes na massa de matéria seca das plantas. Os trabalhos abrangentes foram publicados por Chapman (1966) e em especial para citros, por Smith (1966).

As folhas recém-maduras, em geral, são o órgão que melhor representa o estado nutricional das plantas. Dentro de certos limites, aumentos nas concentrações de nutrientes relacionam-se com maior crescimento ou produtividade. Os citros armazenam grandes quantidades de nutrientes na biomassa, principalmente nas folhas; folhas recém-maduras, portanto, são úteis ao diagnóstico e utilizadas como critérios para o estabelecimento do programa de manejo nutricional dos citros.

Os teores foliares dos nutrientes não dependem unicamente da disponibilidade do elemento no solo, pois sofrem influência de outros fatores, como taxa de crescimento da planta, idade da folha, combinações copa e porta-enxerto, e interações com outros nutrientes.

Destaca-se que a concentração dos nutrientes se modifica mais rapidamente durante o primeiro mês do desenvolvimento das folhas, quando o crescimento é marcado por significativa expansão de área foliar. Nos 2-3 meses, quando a folha amadurece, a mudança é menor. Contudo, é entre 5-7 meses de idade que os teores de nutrientes são mais uniformes, motivo pelo qual esse período é recomendado para a amostragem (Figura 1). Por exemplo, os teores de N e K diminuem com a idade da folha, enquanto os teores de Ca aumentam nas folhas. Isso ocorre em resposta à característica que os nutrientes minerais apresentam quanto à redistribuição na planta via floema para o suprimento da demanda de órgãos novos e frutos.

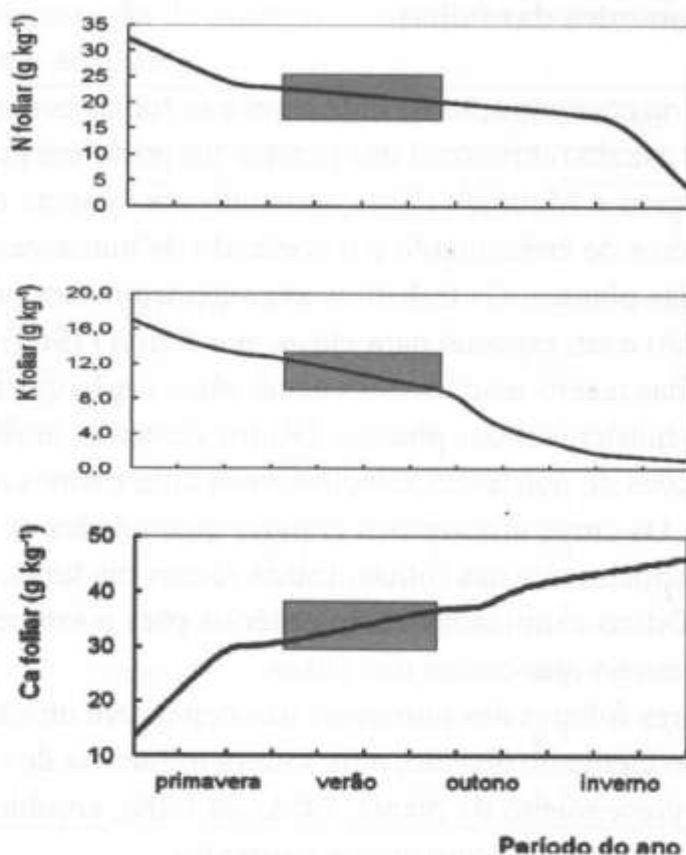


Figura 1- Variação da concentração foliar de nutrientes em citros; área hachurada representa a época de amostragem das folhas para análise química. Fonte: Adaptado de Smith (1966)

Ao contrário da análise de solo, a análise química de folhas determina os teores totais dos nutrientes no tecido vegetal e é menos sujeita a interferência devido ao método empregado. Esses métodos têm por base a digestão da amostra por via seca a 550°C ou úmida, utilizando-se de ácidos concentrados ou misturas aquecidas a temperaturas de até 350°C (BATAGLIA et al., 1983; MALAVOLTA et al., 1997). Ainda, a análise do solo não fornece parâmetros para a adubação nitrogenada dos citros, pois não se dispõe de métodos práticos e suficientemente adequados para acondicionamento e conservação de amostras para análise de rotina e avaliação da disponibilidade de N no solo (MATTOS Jr. et al., 1995; CANTARELLA et al., 1994, 2008). Assim, ao contrário, o teor de N foliar tem mostrado ser um bom indicador para ajustar as doses de N definidas

conforme a produção pendente de frutos (QUAGGIO et al., 1998).

Embora diversos trabalhos reportem a influência dos porta-enxertos sobre as concentrações foliares de nutrientes para os citros (HIROCE; FIGUEIREDO, 1981; WUTSCHER, 1989), não se dispõe de informações precisas para interpretar os resultados de análises de forma diferenciada para combinações específicas de copas e porta-enxertos.

Uma questão importante a considerar na diagnose foliar é que a análise química não é melhor que a amostra (MALAVOLTA; VIOLANTE NETTO, 1989), uma vez que, além de número mínimo de folhas destinado a representar uma área homogênea, há outras fontes de variação sobre os teores foliares.

Os métodos mais comuns de amostragem recomendam coletar folhas com 4-7 meses de idade de ramos com fruto terminal (como no Brasil e na África do Sul) ou sem fruto (Estados Unidos e Austrália). Contudo, verificam-se diferenças nas concentrações de vários nutrientes nessas amostras devido ao efeito de dreno que os frutos exercem na planta (KHAN et al., 2000). Portanto, para o diagnóstico do estado nutricional das plantas, a folha a ser amostrada deve ser a mesma utilizada nas tabelas de interpretação dos teores foliares e associados àquelas da recomendação das adubações.

As folhas coletadas para análise devem apresentar mesma idade e provir de plantas cultivadas em condições semelhantes. A amostragem deve ser feita coletando-se a 3ª ou a 4ª folha sadia, do ramo com fruto terminal, geradas na primavera, com aproximadamente seis meses de idade, normalmente de fevereiro a março, em ramos com frutos de 2-4 cm de diâmetro (TRANI et al., 1983). Recomenda-se amostrar pelo menos 25 árvores em áreas de, no máximo, 10 ha, e coletam-se quatro folhas não danificadas por árvore, uma em cada quadrante e na altura mediana da planta, no mínimo 30 dias após a última pulverização. As amostras devem ser acondicionadas em sacos limpos de papel ou plásticos e guardadas em geladeira, à temperatura aproximada de 5 C, até o envio para o laboratório, em período inferior a dois dias após a coleta no campo.

As pragas e doenças podem induzir mudanças na composição mineral das folhas, influenciando na absorção, transporte e redistribuição dos nutrientes nas plantas. Neste contexto, informações sobre interação estado

nutricional e doenças de plantas têm sido tratadas na citricultura, contudo sem estabelecer ao certo a relação causa e efeito. Um resumo deste assunto foi apresentado por Malavolta et al. (2005), cujos autores determinaram as variações das concentrações de nutrientes e outros elementos minerais em folhas de plantas cítricas afetadas pela clorose variegada (CVC), declínio, morte súbita (MSC) e HLB (Tabela 2).

Tabela 2- Tendências na variação de teores dos elementos minerais com a severidade de doenças em citros.

Elemento	Doenças			
	CVC	Declínio	HLB	MSC
N	+	-	-	-
P	-	+	+	0
K	-	+	-	-
Ca	0	-	-	0
Mg	0	-	-	0
S	0	0	-	0
B	0	0	0	-
Co	0	-	0	0
Cu	0	+	+	0
Fe	0	-	+	+
Mn	0	-	0	0
Mo	-	+	0	+
Ni	+	+	-	0
Zn	+	0	-	-
Al	0	-	+	+

Legenda: CVC = clorose variegada dos citros, HLB = huanglongbing (*ex-greening*) e MSC = morte súbita dos citros. Aumento (+), diminuição (-) ou falta de efeito (0) da doença sobre a concentração do elemento no tecido foliar.

Fonte: Adaptado de Malavolta et al. (2005)

Os dados do trabalho mostram tendências de diminuição, aumento ou falta de efeito da doença sobre teores foliares desses elementos, e prestam-se para abordagens confirmatórias de resultados anteriores (MA-

LAVOLTA; PRATES, 1991; WUTSCHER et al., 1979, 1994; MÜLLER et al., 2002), destacando concordâncias e discordâncias sobre o estado nutricional das plantas, como também caracterizado por Spann e Schumann (2009), para plantas saudáveis e com HLB.

7.2.2 Análise bioquímica das folhas

O uso de testes bioquímicos foi discutido como alternativa à determinação de teores totais de nutrientes na folha, para avaliação do estado nutricional dos citros, por acessar apenas parte da concentração total do elemento que é efetivamente ativa no metabolismo da planta (BAR-AKIVA, 1969). Isso permitiria o emprego de testes rápidos que facilitaria a avaliação de um número maior de amostras por talhão e aumentaria a precisão do diagnóstico do pomar.

A determinação da atividade da redutase de nitrato e da concentração de N-NO_3^- em extrato aquoso preparado a partir de tecido foliar seco e moído mostrou correlações positivas com o manejo da adubação nitrogenada do pomar (BAR-AKIVA et al., 1967; BAR-AKIVA, 1974). Contudo, o acúmulo de NO_3^- nas folhas dos citros pode ocorrer como resposta a outras condições de cultivo, além da disponibilidade de N no pomar, como, por exemplo, quando há deficiência de Mo, o que diminui a precisão do método.

Lavon e Goldschmidt (1999) revisaram, após o trabalho de Bar-Akiva, literatura sobre a atividade específica de outras enzimas que se mostraram indicadoras da deficiência de micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu e Mo) e macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg). O conceito de “infiltração do elemento deficiente” em folhas deficientes e a reativação de enzimas aparece como mais um critério de avaliação bioquímica. À medida que a reativação de uma enzima específica aumenta com a infiltração do nutriente limitante, verifica-se correlação negativa com o nível desse nutriente na folha.

Embora estudos tenham apontado métodos promissores, a análise bioquímica não aparece como uma ferramenta de diagnóstico para o manejo da cultura. A definição de tipo de material amostrado, idade, época e calibração de resultados com base na produtividade dos citros no campo devem ser considerados na validação de seu uso.

7.2.3 Análise de extrato de seiva

A análise de extrato de seiva tem sido considerada nova ferramenta para determinar o estado nutricional das plantas no momento da amostragem. É uma técnica muito útil quando a adubação pode variar em poucos dias. A seiva, por ser uma técnica de análise pontual, pode refletir melhor o parcelamento da adubação, por exemplo, na fertirrigação e, também, acusar efeitos causados por parâmetros climáticos, como precipitação e temperatura, quando comparada com a análise foliar.

Embora sua proposição não seja nova, foi a partir dos trabalhos de Hernando e Cadahía (1973), Cadahía e Lucena (1998, 2005) e Cadahía et al. (2005) em cultivos de hortícolas e videira, nos quais se verificou a possibilidade de detectar variações de nutrientes que melhor explicaram produção e qualidade das plantas em relação à análise foliar, que recentemente se avaliou seu emprego na citricultura (SOUZA, 2010). O método consiste na obtenção de extrato de seiva a partir de ramos de brotações novas congelados com éter etílico e determinações de nutrientes inorgânicos em laboratório. Algumas das características desse método consistem nas determinações do pH e teores de NH_4^+ e NO_3^- no extrato.

Os dados de Souza (2010) demonstraram correlações entre os teores disponíveis no solo, concentrações na solução do solo e teores foliares das plantas, cujos resultados expressaram variações nas características químicas do solo em pomar de laranjeiras, adubações N, P e K, e produções de frutos. Neste trabalho, a análise da seiva foi mais sensível às variações da adubação em relação à análise foliar e, portanto, poderia ser empregada como ferramenta auxiliar na determinação do estado nutricional e da demanda de nutrientes em diferentes estágios fenológicos de plantas cítricas.

7.3 Interpretação da diagnose foliar

7.3.1 Faixas de suficiência

A interpretação do resultado da análise foliar é feita comparando-se os resultados do laboratório com os resultados de experimentos de

campo que estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3- Faixas para interpretação de teores de macro e micronutrientes nas folhas de citros, geradas na primavera, com seis meses de idade, de ramos com frutos.

Nutriente	Baixo	Adequado	Excessivo
----- g kg ⁻¹ -----			
N ^a	<23	23-27	>30
P	<1,2	1,2-1,6	>2,0
K	<10	10-15	>20
Ca	<35	35-45	>50
Mg	<3,0	3,0-4,0	>5,0
S	<2,0	2,0-3,0	>5,0
----- mg kg ⁻¹ -----			
B	<50	50-100	>150
Cu ^b	<4,0	4,1-10,0	>15,0
Fe	<49	50-120	>200
Mn	<34	35-50	>100
Zn	<34	35-50	>100
Mo	<0,09	0,10-1,00	>2,00

^apara limões e lima ácida Tahiti, as faixas de interpretação do teor de N foliar (mg kg⁻¹) são: <18 (= baixo), 18 - 22 (= adequado) e > 22 (excessivo); ^bpara variedade de laranja Westin, os teores adequados de Cu sugeridos são 10-20 mg kg⁻¹.

Fonte: Quaggio et al. (2010).

O programa de adubação do pomar deve ser ajustado de modo que os teores foliares estejam na faixa adequada. Às vezes teores excessivos dos micronutrientes metálicos podem ser encontrados na análise de folha sem que esta apresente sintomas de toxicidade, o que pode levar a interpretação errada do estado nutricional, pois estes nutrientes podem apenas estar aderidos na superfície da folha e sem estarem disponíveis para a planta.

7.3.2 Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação

Um método diagnóstico da nutrição de citros que recebeu atenção é o do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS, *diagnosis recommendation integrated system*). Utiliza os mesmos sistemas de amostragem e análise tradicionais, porém seu desenvolvimento baseia-se na comparação das amostras individualmente com uma população de referência de alta produtividade. Assim, utiliza relações entre nutrientes em vez da concentração absoluta e isolada de cada um deles na interpretação da análise de tecidos. O sistema foi desenvolvido, inicialmente, por Beaufils (1973) para seringueira, porém diversos trabalhos já são encontrados para citros na literatura brasileira (CRESTE; NAKAGAWA, 1997; BATALIA, 1989; SANTOS, 1997; VELOSO et al., 2000; MOURÃO FILHO et al., 2002; MOURÃO FILHO; AZEVEDO, 2003). Os índices DRIS podem ser estabelecidos por diferentes métodos de cálculo das funções das razões dos nutrientes (*e.g.* Beaufils, Elwali, Gascho e Jones) e de critérios para a escolha da ordem da razão dos nutrientes (*e.g.* Letzch e Nick) e estimativa do índice de balanço nutricional (IBN).

A principal dificuldade do método é o estabelecimento da população de referência, que normalmente é mais eficiente quando estabelecida para condições locais de trabalho. O DRIS possibilita avaliar o equilíbrio nutricional do pomar e também identificar os nutrientes mais limitantes por deficiência e excesso, porém tem séria limitação quando as amostras estão contaminadas por resíduos foliares como acontece com amostras que sofreram aplicações foliares de micronutrientes.

7.4 Bases para recomendação do manejo nutricional dos citros

O ajuste da adubação nitrogenada com base na análise de folhas é importante, pois é praticamente inexistente a resposta ao N para teores foliares de laranjas e Murcott acima de 28 g kg⁻¹ (QUAGGIO et al., 1998a; MATTOS Jr. et al., 2004); contudo, no caso de limões e lima ácida, o teor

adequado de N nas folhas é menor, ao redor de 22 g kg⁻¹ (QUAGGIO et al., 2002; MATTOS Jr. et al., 2003c) (Figura 2).

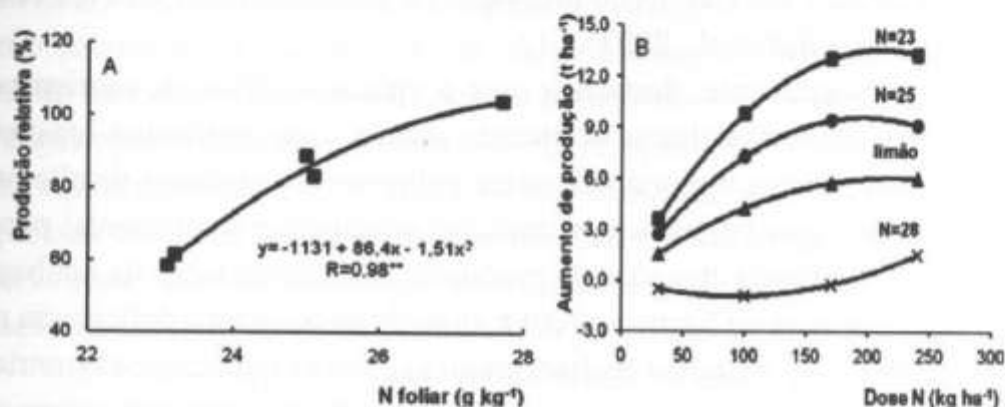


Figura 2- Resposta da produção de laranjas e de limão com diferentes teores foliares de N em função da fertilização nitrogenada. Fonte: Quaggio et al. (1998)

Alem disso, a falta ou excesso de N interferem no tamanho e na qualidade dos frutos (EMBLETON et al., 1973). Por exemplo, altas doses de N tendem a aumentar o número de frutos na planta, em detrimento de seu tamanho, o que pode ser uma desvantagem para a comercialização de frutos *in natura*.

A adubação com K também afeta o tamanho do fruto, contudo o excesso pode determinar perdas de produção dos citros, devido ao desbalanço nutricional, marcado pelo decréscimo acentuado dos teores foliares de Ca e Mg (MATTOS Jr. et al., 2004; QUAGGIO et al., 2006). As altas doses de K provocam aumento do tamanho do fruto e da espessura da casca, que são qualidades desejadas para os frutos de mercado *in natura*; no entanto, plantas com alto suprimento de K tendem a produzir frutos com maior acidez e menor teor de sólidos solúveis, o que os deprecia para a indústria de suco.

Para a lima ácida Tahiti, a concentração de N nas folhas é correlacionada ao índice da cor da casca, e o de Ca desempenha um papel importante na vida de prateleira, uma vez que se verifica correlação negativa com a perda de água da casca durante o armazenamento dos frutos em temperatura ambiente (MATTOS Jr. et al., 2010a).

Com relação aos micronutrientes, a diagnose foliar também auxiliou na interpretação de respostas dos citros ao manejo com N, K, B, Zn e Cu no campo e no viveiro de produção de mudas (MATTOS JR., et al., 2010b; QUAGGIO et al., 2003).

Adicionalmente, destaca-se que a aplicação foliar de nutrientes é utilizada em diversas culturas no mundo inteiro, e na citricultura brasileira ganha cada vez mais importância, principalmente em pomares de alta produtividade, nos quais o manejo nutricional adequado é fundamental para a manutenção de níveis elevados de produção. A recomendação da adubação foliar pode ser feita de forma corretiva, quando se constata a deficiência nutricional (diagnose visual ou análise química) e se faz a aplicação do nutriente em questão; ou de forma preventiva, buscando-se evitar que ocorra carência de determinado nutriente e, por conseguinte, perda de produtividade.

7.5 Absorção diferenciada de cátions e ânions

A fertirrigação na citricultura é uma prática relativamente recente e tem demandado informações para que a experiência disponível, em regiões mediterrâneas, bastante distintas daquelas predominantes nas condições tropicais, permita altas produtividades dos pomares. Nos solos tropicais, a acidificação tem sido um ponto de estrangulamento, pois compromete a sustentabilidade do sistema de fertirrigação (LAURINDO et al., 2010). Entre várias questões, por exemplo, sobre a dinâmica de íons na solução do solo fertirrigado e de sequeiro, a diagnose foliar tem auxiliado a interpretação e a avaliação dessas novas condições observadas no bulbo úmido dos pomares, quando se estima a absorção de íons pelas plantas.

Há diferenças acentuadas de absorção de cátions e ânions por café e citros, refletida na concentração dos elementos em folhas (Tabela 4; dados não publicados). As plantas cítricas são mais ricas em cálcio e muito menos tolerantes à acidez em relação ao café. Já o café tem mais K e mais N. Mas o que ressalta é a magnitude dos teores de N em relação aos demais elementos.

Note-se que a representação da concentração dos nutrientes em milimole de carga em folhas não significa que eles estão presentes como íons em equilíbrio na planta. O exemplo da Tabela 4 pretende ilustrar as

formas predominantes com que os nutrientes foram absorvidos da solução externa às raízes, que é de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ para os cátions e H_2PO_4^- e SO_4^{2-} para os ânions. No caso do N, a absorção se dá como NH_4^+ e NO_3^- e não há como determinar a contribuição de cada uma dessas formas na absorção total do nutriente. Pretende-se também demonstrar com esses dados as diferenças entre o cafeeiro e a laranjeira em relação à demanda de nutrientes e do equilíbrio entre eles (Tabela 4). Por exemplo, as quantidades de N, expressas como milimole de carga, não são tão diferentes como ocorre com as concentrações de Ca que, no caso da laranjeira, é quase o dobro em relação ao cafeeiro, enquanto com o K ocorre o inverso.

O N é o elemento-chave para a reação do solo, tanto do ponto de vista quantitativo, como do espacial. O problema não se resume à acidificação introduzida no solo pelos adubos nitrogenados pela nitrificação, mas tem a ver com a absorção pelo cafeeiro dos íons NH_4^+ e NO_3^- . Quando houver alguma restrição à nitrificação, que pode ser em decorrência do excesso de acidez que prejudica a atividade das bactérias nitrificadoras, poderão ocorrer na solução do solo concentrações elevadas de NH_4^+ de forma que a planta absorva quantidades consideráveis desse íon, com prejuízos ao balanço nutricional e à produtividade.

Tabela 4- Teores de macronutrientes em folhas de café e citros, expressos em duas maneiras diferentes visando a representar a absorção pelas raízes da solução externa.

Cultura	Unidade	Cátions				Ânions			N total
		Ca	Mg	K	Soma	P	S	Soma	
Café ^a	g kg ⁻¹	16,5	5,2	18,8	-	1,22	2,03	-	32
	mmol _c kg ⁻¹	825	428	481	1734	39	127	166	2279
Café ^b	g kg ⁻¹	12,3	4,1	24,1	-	1,55	2,21	-	36
	mmol _c kg ⁻¹	615	337	616	1568	50	138	188	2586
Laranja	g kg ⁻¹	30,1	5,2	12,9	-	1,4	2,5	-	27
	mmol _c kg ⁻¹	1505	428	330	2263	45	156	201	1914

^a produção de 3,5 t ha⁻¹ de café beneficiado; ^b produção de 0,4 t ha⁻¹ de café beneficiado.

Isso poderá ser ilustrado com os resultados da Tabela 5, dos resultados de um experimento de calagem com laranja. Neste caso, nota-se uma redução dos cátions absorvidos nos tratamentos sem calcário ou com doses menores e, portanto, mais ácidos.

Tabela 5- Efeito da calagem no conteúdo de elementos em folhas de laranja, considerando-os como nitrogênio ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$), cátions (C^+) e ânions (A^-).

Calcário	N	$\text{C}^+ = \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K}$	$\text{A}^- = \text{P} + \text{S}$	$(\text{C}^+ - \text{A}^-) - \text{N}$
t ha ⁻¹	mmol kg ⁻¹			
0	2171	1794	155	-532
3	2321	2266	144	-155
6	1979	2310	198	89
12	2171	2348	179	2

Fonte: Quaggio (1991)

Isso explica por que o balanço nutricional não fecha, ou seja, a subtração $(\text{C}^+ - \text{A}^-) - \text{N}$ dá resultado negativo nas doses mais baixas de calcário e fecha perfeitamente na maior dose. Essa diferença corresponde aproximadamente à quantidade de N que foi absorvida na forma de NH_4^+ , que no caso da dose zero de calcário correspondeu a 25%.

Como parte do N foi absorvida como NH_4^+ , portanto com carga positiva e não negativa que seria na forma de NO_3^- , a planta fica com excesso de carga positiva dentro do vacúolo e citoplasma das células. Para manter o equilíbrio elétrico, a planta cítrica tem de eliminar o excesso de carga elétrica, o que é feito através de exsudações radiculares de prótons (H^+). Esse mecanismo provoca acidificação muito intensa do solo, pois para cada mmol kg⁻¹ de NH_4^+ absorvido é exsudada a mesma quantidade de prótons.

Para ilustrar esse mecanismo, análises de solução do solo de um ensaio de fertirrigação com citros, onde são comparadas doses de N nas formas de nitrato de amônio (50%N- $\text{NH}_4^+ + 50\%$ N- NO_3^-) e nitrato de cálcio que possui todo N na forma nítrica, demonstram que até a dose de 120 kg ha⁻¹ de N as concentrações de N- NH_4^+ são relativamente baixas na solução do solo e comparáveis às doses de nitrato de cálcio (QUAGGIO et al., dados não publicados). Isso faz com que o pH da solução do solo se mantenha acima de

valores de 6,5. Porém, na dose de 240 kg ha⁻¹ de N como nitrato de amônio, nota-se que a concentração de N-NH₄⁺ na solução do solo aumenta para valores 16 vezes superiores à mesma dose de N na forma de nitrato de cálcio. Isso faz com que o valor pH decresça para valor médio de 4,0, enquanto com nitrato de cálcio permaneça próximo de pH 7,0.

7.6 Desordens nutricionais: diagnóstico visual

O pleno desenvolvimento e o crescimento das plantas, como destacado anteriormente, ocorrem com concentrações de vários elementos químicos em níveis adequados no tecido vegetal. Concentrações muito baixas (deficiência) ou excessivas (toxicidade) de nutrientes nas raízes, ramos, folhas ou frutos caracterizam desordens do estado nutricional das plantas. Além dos nutrientes, elementos tóxicos também podem causar sintomas de toxicidade quando absorvidos em alta concentração (MARSCHNER, 1995). Os distúrbios causados ao metabolismo e crescimento das plantas devido à deficiência e toxidez são típicos para cada elemento e ocorrem predominantemente nas folhas, cuja caracterização constitui a base para o diagnóstico visual do estado nutricional.

Bryan (1957), Smith (1966), Chapman (1968) e Embleton et al. (1973) apresentaram descrições de efeitos e de características de tais desordens sobre o crescimento dos citros. Uma vez que as folhas representam parte de fácil acesso para o olho e geralmente são sensíveis à disponibilidade de nutrientes, elas são mais utilizadas para fins de diagnóstico. Um conjunto de descrição dos sintomas organizado na forma de chave de identificação pode ser usado para ajudar o diagnóstico correto dos distúrbios nutricionais dos citros (MALAVOLTA; VIOLANTE NETTO, 1989). Os principais critérios para a identificação dos sintomas são baseados na avaliação de: *i.* folhas jovens x maduras; *ii.* a presença de clorose x necrose no tecido foliar (secamento de margens ou deformações do limbo foliar), e *iii.* distribuição uniforme dos sintomas x ocorrência internerval x presença de manchas foliares na lâmina foliar.

Normalmente, esses sintomas são visíveis quando o problema é agudo, em decorrência de lesões moleculares, modificações subcelulares

e alterações celulares ou do tecido, e nesta fase, o desenvolvimento e a produtividade já são severamente afetados. Ainda, embora característicos, podem ser confundidos se houver deficiência e toxidez de mais de um elemento. As descrições das desordens minerais comuns na citricultura são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6- Sintomas de desordens nutricionais mais comuns na citricultura brasileira

Nutriente	Sintoma
	Deficiência*
N	Caracterizada, inicialmente, pela perda uniforme de clorofila das folhas maduras (clorose generalizada = cor verde-pálida a amarelada); em casos mais severos, provoca queda de folhas maduras e seca dos ponteiros dos ramos, o que confere às árvores porte reduzido com folhagem esparsa; há redução do número e tamanho de frutos na planta.
P	Folhas maduras de tamanho aumentado, de cor bronzeada; sem brilho, coriáceas, que caem quando a carência é severa - característico em plantas jovens nos primeiros anos de plantio no campo; os ramos tornam-se desfolhados da base para o ápice em vista da redistribuição do nutriente das folhas mais velhas para as mais novas; menos frequentemente, ocorrem frutos mostrando a columela aberta.
K	Sintomas não são claramente evidentes nas folhas, porém, em casos severos, pode haver secamento de margens do limbo de folhas novas; frutos de tamanho reduzido e casca lisa e fina são frequentes e têm maturação precoce e caem prematuramente.
Ca	Sintomas visuais nas folhas não são comuns, mas a densidade de folhas na copa é pouco densa, de modo semelhante à deficiência de N, e falta brilho nas folhas.
Mg	Clorose internerval das folhas maduras bastante característico e comum nos pomares brasileiros, cujo aspecto é de "V" invertido, resultante de perda de clorofila.
B	Ocorre em folhas novas, que podem ser deformadas; sintomas severos causam a morte da gema e perda de dominância apical, de onde crescem brotações novas em forma de tufo oriundas das gemas axilares; pode, ainda, haver excessiva queda de frutos, cujo albedo é mais espesso com bolsas de goma e sementes abortadas.
Cu	Sintomas mais característicos ocorrem nos ramos novos, onde aparecem saliências que desenvolvem até bolsas de goma que coalescem.
Fe	Folhas jovens apresentam clorose generalizada, de tamanho menor, porém mantêm nervuras verdes mais escuras, formando um reticulado fino; no Brasil tem-se observado com frequência em viveiros.

Tabela 6- Continuação

Nutriente	Sintoma
Mn	Folhas jovens mostram clorose internerval, apresentam tamanho normal e caracterizam aspecto de reticulado grosso, ao contrário da deficiência de Fe.
Zn	Folhas jovens mostram clorose internerval, que contrasta com nervuras central e laterais verde-escuras, são deformadas (limbo foliar estreito, lanceolado e de tamanho reduzido) e ocorrem em ramos com internódios curtos, dando à planta aspecto enfezado.
Toxicidade	
B	Ocorrem nas folhas mais velhas, que apresentam aspecto amarelo mosqueado caracterizado pela clorose das margens, com pontos necróticos que evoluem para o centro do limbo foliar; quando os sintomas são mais severos, há intensa queda de folhas; em viveiros, é comum ocorrer necrose do limbo foliar, na região apical, com exceção do citrumelo Swingle, cujos sintomas são caracterizados por amarelecimento intenso das pontas dos folíolos.
Cu	Morte de radículas com perda de vigor e definhamento da planta.
Mn	A toxicidade é mais comum em mudas cultivadas e substrato de casca de pinus com pH abaixo de 4,5, caracterizada por folhas amarelecidas, com manchas necróticas nas margens do limbo.
Na e Cl	Os sintomas mais comuns são relacionados às injúrias nas folhas com queimadura de bordas pela alta salinidade; são mais comuns quando se usa água salina ou pelo manejo inadequado em pomares fertirrigados e viveiros de citros; folhas apresentam murcha e secamento em razão da necrose.

* Nota: sintomas em folhas novas persistem, frequentemente, na vegetação madura

7.7 Considerações finais

A diagnose foliar dos citros constitui uma ferramenta importante para a recomendação do manejo nutricional dos citros, a qual tem a análise química de folhas como principal método analítico. A interpretação dos resultados dessa análise é tomada com base em faixas de concentrações estabelecidas em estudos de calibração das respostas das plantas realizados com base na experimentação científica.

Contudo, a análise de folhas não dispensa a análise química de solo e a tomada de outros critérios diagnósticos para a melhor compreensão da disponibilidade e demanda de nutrientes no pomar e, consequentemente, ajuste das doses de nutrientes para a máxima produção eficiente. Neste escopo, citam-se outras estratégias para análise conjunta de dados da

concentração de nutrientes na planta e para métodos de diagnóstico, como a análise de estrato de seiva das plantas, os quais poderão contribuir para melhores práticas de manejo na citricultura.

7.8 Literatura citada

- BAR-AKIVA, A. Nitrate estimation in citrus leaves as a means of evaluating nitrogen fertilizer requirement of citrus trees. In: PROCEEDINGS INTERNATIONAL CITRUS CONGRESS, 1, Murcia/Spain: International Society Citriculture, 1974, p. 159-164.
- BAR-AKIVA, A. The use of activity of metallo enzyme system for the appraisal of nutritional requirements of citrus trees. PROCEEDINGS OFF FIRST INTERNATIONAL CITRUS SYMPOSIUM, 3, p.1551-1557, 1969.
- BAR-AKIVA, A.; SHAKED, A.; SAGIV, J. The use of nitrate reductase activity for appraisal of nitrogen status and productivity of grapefruit orchard trees. **HortScience**, v.2, p.51-53, 1967.
- BATAGLIA, O.C. DRIS – citros: uma alternativa para avaliar a nutrição das plantas. **Laranja**, v.10, p.565-576, 1989.
- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO J.R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 48p. (Boletim Técnico 78)
- BEAUFILS, E.R. **Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS)**. Pietermaritzburg: University of Natal, 1973. 132p. (Soil Sci. Bull. N. 1).
- CADAHÍA, C.; LUCENA, J. J. Diagnostico de nutrición y recomendaciones de abonado. In: Cadahía, C. **Fertirrigación: cultivos hortícolas y ornamentales**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1998. p. 173-246.
- CADAHÍA, C.; LUCENA, J.J. Diagnostico de nutrición y recomendaciones de abonado. In: Cadahía, C. **Fertirrigación: cultivos hortícolas, frutales y ornamentales**. (3º Ed). Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2005. p. 183-257.
- CADAHÍA, C.; MARTÍN, I.; SENTIS, J.A. Fertirrigación racional da la vid. In: Cadahía, C. **Fertirrigación: cultivos hortícolas, frutales y ornamentales**. (3º Ed). Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2005. p. 603-623.
- CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; BATAGLIA, O.C.; RAIJ, B. van. Response of citrus to NPK fertilization in a network of field trials in São Paulo State, Brazil. **Proceedings International Society of Citriculture**, v.2, p.607-612, 1992.
- CANTARELLA, H.; ANDRADE, C.A.; MATTOS Jr., D. Matéria orgânica do solo e disponibilidade de N para as culturas. In: SANTOS, G.A; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Org.). **Fundamentos da matéria or-**

- gânica do solo. 2 ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008, p. 581-895.
- CANTARELLA, H.; MATTOS Jr., D.; RAIJ, B. van. Lime effect on soil N availability indexes as measured by plant uptake. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, v.25, p.989-1006, 1994.
- CHAPMAN, H.D. **Leaf and soil analysis in citrus orchards – criteria for the diagnosis of nutrient status and guidance of fertilization and soil management**. Riverside: Univ. of California, 1960. 53p. (Manual 25)
- CHAPMAN, H.D. The mineral nutrition of citrus. In: REUTHER, W. BATCHELOR, L.D.; WEBBER, H.J. (Ed.). **The citrus industry**. v.2. Riverside: Univ. of California, 1968. p.127-289.
- CRESTE, J.E.; NAKAGAWA, J. Estabelecimento do método DRIS para a cultura do limoeiro em função da análise foliar; 1. cálculo das normas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.19, p.297-305, 1997.
- EMBLETON, T.W.; JONES, W.W.; LABANAUSKAS, C.K.; REUTHER, W. Leaf analysis as a diagnostic tool and guide to fertilization. In: **The citrus industry**. Riverside: University of California, 1973. p.183-210.
- ERICKSON, L.C. The general physiology of citrus. In: Reuther, W.; Batchelor, L.D.; Webber, H.J. (Ed.). **The citrus industry**. v.2. Riverside: Univ. of California, 1968. p.86-126.
- HERNANDO, V.; CADAHÍA, C. El análisis de savia como índice de fertilización. Estudio comparativo con el análisis foliar. **Manuales de Ciencia Actual C.S.I.C.**, 1973, n. 7, 167p.
- HIROCE, R.; FIGUEIREDO, J.O. Influência de dez porta enxertos nos teores de nutrientes das folhas e na produção de frutas de laranjeira-barão [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck]. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 6. Recife, 1981. **Anais...**, Recife: SBF, 1981. p.666-673.
- KHAN, I.A.; SRIKANDAKUMAR, A. Interrelationship of nutrient status of Orange leaves from fruiting and non-fruiting terminals and their conversions. **Proceedings International Society of Citriculture**, v.1, p.433-434, 2000.
- LAGATU, H.; MAUME, L. Le diagnostic foliaire de la pomme de terre. **Annales de l'Ecole Nationale d'Agriculture**, v.22, p.50-158, 1934. *Annals of Ecology Natural Agricultural*
- LAURINDO, V.T.; SILVA, G.O.; PAVANI, L.C.; QUAGGIO, J.A. Padrão de distribuição de K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} e P no solo de um pomar de citros em função da fertirrigação. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.30, p.909-921, 2010.
- LAVON, R.; GOLDSCHMIDT, E. Enzymatic methods for detection of mineral element deficiencies in citrus leaves: a mini-review. **Journal of Plant Nutrition**, v.22, p.139-150. 1999.
- MALAVOLTA, E.; CABRAL, C.P.; PRATES, H.S.; OLIVEIRA, S.C.; LAVRES Jr., J.; MALAVOLTA, M.; MORAES, M.F. Composição mineral de folhas de

- citros afetadas por declínio, amarelinho (CVC), morte súbita e huanglongbing (HLB). **Informações Agronômicas**, n.110, 2005.
- MALAVOLTA, E.; PRATES, H.S. Alterações na composição mineral das folhas de pomares afetados pela anomalia "amarelinho" ou clorose variegada, **Laranja**, v.12, p.15-18, 1991.
- MALAVOLTA, E.; VIOLANTE NETTO, A. **Nutrição mineral, calagem, gessagem e adubação dos citros**. Piracicaba: Potafos, 1989. 153p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. 2ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 889p.
- MATTOS Jr., D.; MILANEZE, T.F.; AZEVEDO, F.A.; QUAGGIO, J.A. Soil nutrient availability and its impact on fruit quality of Tahiti acid lime. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, p.335-342, 2010a.
- MATTOS Jr., D.; RAMOS, U.M.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, P.R. Nitrogênio e cobre na produção de mudas de citros em diferentes porta-enxertos. **Bragantia**, v.69, p.135-147, 2010b.
- MATTOS Jr., D.; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A. Nutrição dos citros. In: MATTOS Jr., D.; DE NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JR., J. (Org.). **Citros**. 1 ed. Campinas: Instituto Agronômico e Fapesp, 2005, p. 197-219.
- MATTOS Jr., D.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; CARVALHO, S.A. Superfícies de resposta do tangor 'Murcott' à fertilização com N, P e K. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, p. 164-167, 2004.
- MATTOS Jr., D.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; ALVA, A.K. Nutrient content of biomass components of Hamlin sweet orange trees. **Scientia Agricola**, v.60, p.155-160, 2003.
- MATTOS Jr., D.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H. Manejo da fertilidade do solo. In: MATTOS Jr., D.; DE NEGRI, D.; FIGUEIREDO, J.O. **Lima ácida Thaiti**. Campinas: Instituto Agronômico, 2003c. p.67-80.
- MATTOS Jr., D.; CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van. Manuseio e conservação de amostras de solo para preservação do nitrogênio inorgânico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p.423-431, 1995.
- MOURÃO FILHO, F.A.A.; AZEVEDO, J.C. DRIS norms for Valencia sweet orange on three rootstocks. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.85-93, 2003.
- MOURÃO FILHO, F.A.A.; AZEVEDO, J. C.; NICK, J. A. Funções e ordem da razão dos nutrientes no estabelecimento de normas DRIS em laranja Valencia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 185-192, 2002.
- MÜLLER, G.W.; DE NEGRI, J.D.; AGUILAR-VILDOSO, C.I.; MATTOS Jr., D.; POMPEU Jr., J.; TEÓFILO SOBRINHO, J.; MACHADO, M.A.; GIROT-

- TO, L.F. Morte súbita dos citros: uma nova doença na citricultura brasileira. **Laranja**, v.23, p.371-386, 2002.
- QUAGGIO, J.A.; MATTOS Jr., D.; BOARETTO, R.M. Sources and rates of potassium for sweet orange production. **Scientia Agricola**, v.68, p.369-375, 2011.
- QUAGGIO, J.A.; MATTOS Jr., D.; BOARETTO, R.M. Citros. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. (Org.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba: Internation Plant Nutrition Institute, 2010, v. 2, p.373-412.
- QUAGGIO, J.A.; MATTOS Jr., D.; CANTARELLA, H. Fruit yield and quality of sweet oranges affected by nitrogen, phosphorus and potassium fertilization in tropical soils. **Fruits**, v.61, p.293-302, 2006.
- QUAGGIO, J.A.; MATTOS Jr., D.; CANTARELLA, H.; TANK Jr., A. Fertilização com boro e zinco no solo em complementação à aplicação via foliar em laranjeira Pêra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.627-634, 2003.
- QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van. Phosphorus and potassium soil test and nitrogen leaf analysis as a basis for citrus fertilization. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.52, p.67-74, 1998.
- QUAGGIO, J.A. **Resposta da laranjeira Valência à calagem e ao equilíbrio de bases num Latossolo de textura argilosa**. 1991. 107p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Esalq, USP.
- SANTOS, W.R. **Métodos diagnósticos do equilíbrio nutricional dos macronutrientes em citros**. Piracicaba, 1997. 113p. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba.
- SMITH, P. Leaf analysis of citrus. In: CHILDERS, N.F. (Ed.). **Nutrition of fruit crops**. New Jersey: Somerset Press, 1966. p.208-228.
- SOUZA, T.R. **Monitoramento do estado nutricional de plantas cítricas e da solução do solo em sistema de fertirrigação**. 131p. Tese (Doutorado) Agronomia (Irrigação e Drenagem). Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu.
- SPANN, T.M.; SCHUMANN, A.W. The role of plant nutrients in disease development with emphasis on citrus and huanglongbing. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v.122, p.169-171, 2009.
- TRANI, P.E.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C. **Análise foliar: amostragem e interpretação**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 18p.
- VELOSO, C.A.C.; GRAÇA, J.J.C.; GAMA, J.R.N.F. Estabelecimento do método DRIS para a cultura de citros na Mesorregião do Nordeste do Estado do Pará. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.22, p.372-376, 2000.
- WUTSCHER, H.K. Alteration of fruit tree nutrition through rootstocks. **Hort-Science**, v.24, p.578-584, 1989.

- WUTSCHER, H.K.; HARDESTY, C. Concentrations of 14 elements in tissues of blight-affected and healthy Valencia orange trees. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.104, p.9-11, 1979.
- WUTSCHER, H.K.; PAVAN, M.A.; PERKINS, R.E. A survey of mineral elements in the leaves and roots of citrus variegated chlorosis (or amarelinho) affected orange trees and 45 acid extrants elements in the soil of orchards in northern São Paulo and southern Minas Gerais. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v.37, p.147-156, 1994.