

Capítulo

29

CITROS

José Antônio Quaggio¹
Dirceu Mattos Junior²
Rodrigo Marcelli Boaretto²

RESUMO

O parque citrícola brasileiro produziu 20 milhões t de frutos em 2007, tendo sido dois terços deste total destinados à indústria de suco de laranja concentrado e congelado e o restante ao mercado de fruta fresca. A manutenção de níveis elevados de produção requer, entre outros fatores, o manejo nutricional adequado dos pomares. Para isso, é necessário estabelecer informações que correlacionam o desenvolvimento da planta (produção e qualidade de frutos) com a disponibilidade de nutrientes no solo, o teor de nutriente na planta e o suprimento pela adubação. Neste capítulo, são fornecidas informações científicas consolidadas, publicadas em diversos meios sobre nutrição, adubação e produção de citros, que visam melhorar a produtividade e a qualidade dos frutos dentro dos novos sistemas de produção e nos diferentes ambientes agrícolas. Assim, são abordados assuntos sobre amostragem e análise de solo e planta, além

¹ Instituto Agronômico, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais, Campinas, SP; email: quaggio@iac.sp.gov.br

² Instituto Agronômico, Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Citros “Sylvio Moreira”, Cordeirópolis, SP; email: ddm@iac.sp.gov.br; boaretto@iac.sp.gov.br

das recomendações de calagem e adubação (incluindo fertirrigação) para a implantação, a formação do pomar e a produção de frutos destinados para a indústria e o consumo *in natura*. Os padrões de fertilidade do solo e da nutrição mineral da planta apresentados foram estabelecidos em experimentos por meio de curvas de calibração das análises de macro e micronutrientes no solo e na planta especificamente para citros.

Palavras-chave: Adubação. Citros. Nutrição.

ABSTRACT

CITRUS

Brazilian production of citrus fruits was about 20 million t in 2007 and two-thirds of this total were delivered to the orange juice processing plants and the other third to the fresh fruit market. The maintenance of high levels of fruit production requires, among other practices, proper nutrient management of citrus groves. Therefore, it is necessary to establish information that correlates plant development (fruit yield and quality) with soil nutrient availability, plant nutritional status, and fertilization supply. In this chapter, we present consolidated scientific information published in several periodicals on citrus nutrition, fertilization, and production, aiming at improving fruit yield and quality in the new production systems and in different agricultural environments. We address soil and leaf samplings, as well chemical analyses, along with guidelines for liming and fertilization (including fertirrigation) recommendations for nonbearing and bearing trees depending on fruit destiny to either juice production or *in natura* consumption. Soil fertility and plant nutritional standards presented have been established based on experiments through calibration curves defined for macro and micronutrients in soil and plants specifically for citrus.

Key words: Citrus nutrition. Fertilization. Nutrient use efficiency.

1 INTRODUÇÃO

Os citros são originários principalmente das regiões subtropicais do centro da China, Japão e do leste da Índia até Nova Guiné, Austrália e África Tropical. São representados na maioria por laranjas, tangerinas, limões verdadeiros, limas ácidas (limão Tahiti) e pomelos, os quais são cultivados em várias regiões do mundo e apresentam ciclo de desenvolvimento que pode variar de 6 a 16 meses entre o florescimento e a maturação dos frutos, dependendo da espécie ou variedade e das condições edafoclimáticas do local de cultivo. É esse intervalo que define as variedades tidas como precoce (Hamlin e Westin), de meia-estação (Pera) e tardias (Valêncica, Natal e Folha Murcha).

A história da citricultura brasileira começou no início dos anos 60, quando a produção era pequena e voltada basicamente para o mercado interno, com volume muito pequeno de exportação. A partir de 1962, o Brasil passou a produzir e a exportar suco de laranja, o que agregou valor ao produto e impulsionou a citricultura no país, pois o valor de 1 t de suco concentrado correspondia ao de 10 t de laranja exportada. Hoje, o Brasil é líder mundial na produção de citros, com volume superior a 20 milhões t de frutos, o que representou, em 2007, cerca de 20% da produção mundial (FAO, 2009). Aproximadamente 80% da produção de laranjas no país está concentrada no estado de São Paulo, o que corresponde a 600 mil ha, sendo destinada principalmente à indústria para a produção de suco de laranja concentrado e pasteurizado.

As plantas cítricas cultivadas comercialmente são compostas por combinações das variedades de copas e de porta-enxertos, o que determina o potencial de produção e a qualidade dos frutos dos pomares. Os porta-enxertos, ou raízes dos citros, são propagados por meio de sementes e têm sistema radicular mais desenvolvido do que as variedades de copas, o que permite resistência ou tolerância das plantas aos fatores bióticos – como resistência a doenças, tais como a tristeza dos citros e o declínio – e abióticos – como resistência à seca e ao frio –, além de aumentar a eficiência de absorção e uso da água e de nutrientes. As variedades de copa são clones de plantas com características agronômicas superiores, que por intermédio de propagação vegetativa conseguem manter as características da planta de origem. A enxertia é fundamental para evitar a juvenilidade

das plantas, que se caracteriza por atraso no início de frutificação, plantas heterogêneas, com muitos espinhos, excessivamente vigorosas e com produção de frutos de qualidade inferior.

O manejo adequado do solo e o uso de combinações de copa e portainxerto adequadas permitem a adaptação dos citros a condições edáficas distintas, mantendo-se níveis elevados de produtividade. Devem ser evitados solos rasos, que não permitem o enraizamento profundo e, por conseguinte, impedem o bom crescimento das árvores, bem como os de textura muito argilosa, que dificultam a drenagem e favorecem a compactação de camadas do perfil do solo, também limitantes ao desenvolvimento do sistema radicular. Por outro lado, solos muito arenosos, cuja capacidade de retenção de água é baixa, solos muito ácidos ou alcalinos exigem práticas de manejo aprimoradas para se obter o desenvolvimento satisfatório das raízes. Nesse contexto, práticas de manejo para a construção da fertilidade do solo e a implantação de sistemas de irrigação compõem as estratégias fundamentais para a otimização da citricultura.

As plantas cítricas têm demandas por nutrientes que variam conforme os estágios fenológicos, distribuídos desde o florescimento até a maturação dos frutos, os quais, de acordo com Erickson (1968), podem ser agrupados nas seguintes fases: a) vegetação – ocorre durante períodos caracterizados por temperaturas mais altas e sem déficit hídrico, compreendidos entre o início da primavera até o final do outono, quando os fluxos de crescimento cessam e ocorre acúmulo de carboidratos pelas plantas; b) indução ou diferenciação floral – com a intensificação do frio e do estresse hídrico, as gemas vegetativas se transformam em gemas reprodutivas; c) florescimento – nesta fase, que ocorre entre o final do inverno e o início da primavera (quando aumentam a temperatura e a disponibilidade de água no solo), há a abertura das flores e a ocorrência de temperaturas muito altas e veranicos prolongados pode causar sérios prejuízos à fixação de flores e frutos jovens; d) frutificação – a produção final de frutos é resultado da fixação de apenas 1% a 3% das flores produzidas pelos citros. A frutificação tem, ainda, duas fases distintas: logo após a fixação dos frutos, ocorre multiplicação celular e, posteriormente, a expansão celular, eventos que definem o potencial de crescimento dos frutos até o final da maturação.

As primeiras recomendações de adubação dos citros no Brasil foram adaptações das informações científicas e das recomendações de adubação

disponíveis para os estados da Flórida e Califórnia, nos Estados Unidos, nos quais havia o maior volume de informações sobre este assunto. Contudo, diferenças inerentes às variedades de copas e de porta-enxertos usadas nos dois países e também diferenças entre solos – porquanto os solos characteristicamente usados para a citricultura brasileira têm acentuada acidez, baixa fertilidade natural e alta capacidade de fixação de fósforo – apontavam para a necessidade de desenvolvimento de tecnologia própria e adequada às condições brasileiras.

O Instituto Agronômico desenvolveu, nos anos 80, métodos para a análise química de solo cuja principal característica é a extração simultânea de fósforo, cálcio, magnésio e potássio com a utilização de resinas trocadoras de íons. Essa técnica é a mais moderna no contexto internacional e, por ser mais ajustada às características dos solos tropicais, permite avaliar melhor a disponibilidade de nutrientes nos pomares (RAIJ; QUAGGIO, 1983). Esses métodos foram introduzidos nas recomendações de fertilizantes para a citricultura pelo Grupo Paulista para Adubação e Calagem para os Citros no Estado de São Paulo, que contava com a participação de produtores, técnicos da assistência técnica e extensão rural, professores e pesquisadores. Foram utilizadas as informações disponíveis no Brasil e no exterior, bem como a experiência de seus membros para o estabelecimento das recomendações de adubação para os citros, publicadas em um boletim técnico da Estação Experimental de Limeira, atual Centro de Citricultura do Instituto Agronômico (GRUPO PAULISTA DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA CITROS, 1994).

Nessa mesma época, teve início um extenso programa de pesquisa em calagem e adubação para a citricultura que contava com uma rede de ensaios fatoriais NPK e ensaios de calagem, conduzidos durante vários anos nas principais regiões citrícolas do estado de São Paulo. Os resultados desse programa demonstraram a importância da correção da acidez do solo com o estabelecimento da curva de resposta dos citros à calagem em ensaio de longa duração (QUAGGIO, 1991) e trabalhos sucessivos revelaram a importância fundamental do cálcio e do magnésio em solos tropicais na nutrição da planta cítrica, assim como os seus efeitos sobre a produção e a qualidade dos frutos (QUAGGIO; TEÓFILO SOBRINHO; DECHEN, 1992a, 1992b).

Com os resultados dos ensaios fatoriais, foi possível demonstrar a importância da adubação com fósforo nos pomares paulistas e estabelecer

as curvas de calibração de análises de solo para fósforo e potássio pelo método da resina, inéditas internacionalmente, que permitiram quantificar a resposta dos citros à adubação para esses dois nutrientes com base nas análises de solo. Essas curvas de calibração possibilitaram, ainda, estabelecer os limites de concentração desses nutrientes no solo acima dos quais não há resposta à aplicação. Para o fósforo, esse valor é igual a 20 mg dm⁻³ e para o potássio no solo é igual a 2,0 mmol_c dm⁻³ (QUAGGIO; CANTARELLA; MATTOS JUNIOR, 1996; QUAGGIO; CANTARELLA; RAIJ, 1998).

Modelos matemáticos de resposta à adubação com nitrogênio, fósforo e potássio foram ajustados aos resultados de ensaios de longa duração, o que permitiu introduzir o conceito de economicidade nas recomendações de adubação, considerando-se os resultados de análises de solo para fósforo e potássio, análise foliar como critério para a avaliação da disponibilidade de nitrogênio e produção esperada como índice do balanço nutricional (CANTARELLA et al., 1992). Novos conhecimentos científicos e inovações tecnológicas sobre nutrição e adubação de citros desenvolvidos durante os últimos anos foram divulgados no Boletim 100 do Instituto Agronômico (QUAGGIO; RAIJ; TOLEDO PIZA JUNIOR, 1997).

Procurou-se, neste capítulo, alinhar as contribuições científicas publicadas em diversos veículos sobre nutrição e adubação das plantas cítricas. Os resultados foram consolidados em recomendações publicadas anteriormente por Quaggio, Mattos Junior e Cantarella (2005), as quais, revisadas neste capítulo, permitem o estabelecimento de programas de adubação que promovam aumentos na produtividade e melhor qualidade dos frutos da citricultura brasileira.

2 DIAGNÓSTICO DA FERTILIDADE DO SOLO

Para pomares de alta produtividade, é indispensável um bom programa de calagem e adubação, cujo sucesso requer o uso de ferramentas de diagnóstico (análise química de solo e de planta) que permitem adequar o suprimento de nutrientes fornecido pela adubação em função dos níveis de fertilidade do solo e da demanda da cultura, aumentando a eficiência de uso dos insumos. Assim, tornam-se essenciais a amostragem correta de solo e planta e a escolha de um bom laboratório de análises. Cabe ainda ressaltar que, por melhor que seja a análise química, ela não pode corrigir falhas na retirada da amostra e na sua representatividade.

2.1 Amostragem e análise química de solo

Os métodos empregados para a análise química de solo no estado de São Paulo são referentes ao Sistema IAC de Análise de Solo. As principais características desses métodos são a extração simultânea de fósforo, potássio, cálcio e magnésio com resina trocadora de íons e a recomendação de calagem pelo método de saturação por bases. Esses métodos são ajustados às condições dos solos tropicais e subtropicais, porém também apresentam boa adaptação às características dos solos calcários e salinos (RAIJ et al., 2001).

A eficiência da análise de solo depende da representatividade da amostra colhida em relação à área ou ao talhão a ser considerado. A amostragem de solo para os citros é feita em glebas ou talhões homogêneos (de até 10 ha) quanto a cor e textura do solo, posição no relevo, manejo do pomar, idade das árvores, combinações de copa e porta-enzerto e produtividade. As amostras de solo devem ser coletadas nas profundidades de 0–20 cm, com o intuito de recomendar a adubação e a calagem, e de 20–40 cm, com o objetivo de diagnosticar barreiras químicas ao desenvolvimento das raízes, ou seja, deficiências de cálcio com ou sem excesso de alumínio.

Para maior eficiência e representatividade da amostragem de solo, devem ser coletadas entre 15 a 20 subamostras por talhão, com trado do tipo holandês ou sonda. Antes da implantação do pomar, a amostragem deve ser realizada nas profundidades de 0–20 cm e 20–40 cm, percorrendo a área em zigue-zague para coletar as subamostras por talhão. Após o plantio, a amostragem deve ser feita anualmente, sendo a melhor época entre a segunda e terceira parcelas de adubação, garantindo-se um intervalo mínimo de 30 dias após a última adubação. Para melhor representar o sistema radicular dos citros, em pomares não irrigados, as subamostras devem ser retiradas na faixa de adubação, sendo uma subamostra coletada cerca de 0,5 m para dentro e outra 0,5 m para fora da projeção da copa das árvores, amostrando-se a área em torno de aproximadamente 15 árvores por talhão.

Para pomares fertirrigados, a coleta das subamostras deve ser feita em pontos do lado de fora do bulbo úmido, distantes cerca de dois terços da largura do bulbo da linha de emissores. Geralmente, essa distância é de 30 cm a 40 cm da linha de gotejadores. A época mais apropriada para coleta é de fevereiro a abril, garantindo-se um intervalo mínimo de 60 dias após a última adubação.

Padrões de fertilidade do solo foram definidos por meio de curvas de calibração das análises de macro (Tabela 1) e de micronutrientes (Tabela 2) no solo, específicas para citros (QUAGGIO; CANTARELLA; RAIJ, 1998; QUAGGIO et al., 2003; QUAGGIO; TEÓFILO SOBRINHO; DECHEN, 1992a, 1992b). Como recomendação geral, o citricultor deve procurar manter os solos dos pomares nas classes de teores médios para todos os nutrientes e para a saturação por bases, evitando, assim, deficiências ou excessos, pois ambos limitam a produtividade e a qualidade dos frutos cítricos.

Tabela 1. Interpretação de resultados de análise de solo para macronutrientes e saturação por bases na camada arável do solo para a citricultura.

Classe de teor	P-resina (mg dm ⁻³)	Potássio (mmol _c dm ⁻³)	Magnésio (mmol _c dm ⁻³)	Saturação por bases (%)
Muito baixo	< 6	< 0,8	< 2	< 25
Baixo	6–12	0,8–1,5	2–4	25–50
Médio	13–30	1,6–3,0	5–9	51–70
Alto	> 30	> 3,0	> 9	> 70

Fonte: Quaggio, Raij e Toledo Piza Junior (1997).

Tabela 2. Interpretação de resultados de análise de solo para micronutrientes na camada arável do solo para a citricultura.

Classe de teor	Boro ----- (mg dm ⁻³)-----	Cobre	Manganês	Zinco
Baixo	< 0,6	< 2,0	< 3,0	< 2,0
Médio	0,6–1,0	2,0–5,0	3,0–6,0	2,0–5,0
Alto	> 1,0	> 5,0	> 6,0	> 5,0

Fonte: Quaggio, Mattos Junior e Cantarella (2005).

2.2 Amostragem e análise química de folhas

Os citros armazenam na biomassa grande quantidade de nutrientes, os quais podem ser redistribuídos, principalmente, para órgãos em desenvolvimento, como folhas e frutos (MATTOS JUNIOR; GRAETZ;

ALVA, 2003). Por essa razão, a análise foliar é uma ferramenta bastante útil para complementar a análise de solo na avaliação da fertilidade dos solos e também para aferir o equilíbrio nutricional da planta cítrica. Além disso, para o caso do nitrogênio, cujos métodos de análise de solo não têm consistência no diagnóstico, o teor do nutriente nas folhas da laranjeira tem sido usado como critério direto de avaliação da disponibilidade de nitrogênio para as plantas cítricas, conforme proposto por Quaggio, Cantarella e Raij (1998).

Diferentemente da análise de solo, a análise química de folhas determina os teores totais dos nutrientes no tecido vegetal e é menos sujeita a interferências do método empregado. Esses métodos têm por base a digestão da amostra por via seca a 550°C ou por via úmida utilizando ácidos concentrados ou misturas aquecidas a temperaturas de até 350°C (BATAGLIA et al., 1983; MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Os teores foliares dos nutrientes não dependem unicamente da disponibilidade do elemento no solo, pois sofrem influência de vários outros fatores, como taxa de crescimento da planta, idade da folha, combinações copa e porta-enxerto e interações com outros nutrientes. Os teores de nutrientes com boa redistribuição dentro da planta, como nitrogênio, fósforo e potássio, diminuem com a idade da folha, enquanto os teores de nutrientes imóveis, como cálcio e boro, aumentam nas folhas mais maduras (SMITH, 1966). Assim, pelos motivos citados, as folhas coletadas para análise devem apresentar a mesma idade daquelas que foram usadas nas tabelas de interpretação.

A amostragem deve ser feita coletando-se a terceira ou a quarta folha do ramo com fruto terminal, gerada na primavera, com aproximadamente 6 meses de idade, normalmente de fevereiro a março, em ramos com frutos de 2 cm a 4 cm de diâmetro. Recomenda-se amostrar pelo menos 25 árvores por talhão, coletando-se quatro folhas não danificadas por árvore, uma em cada quadrante e na altura mediana da copa. Pulverizações com adubos foliares e/ou uso de defensivos contendo nutrientes podem manter esses elementos aderidos na superfície do limbo foliar por vários meses, sendo recomendável não coletar folhas em um intervalo mínimo de 30 dias após a última pulverização. As amostras devem ser acondicionadas em sacos de papel 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.

A interpretação do resultado da análise foliar é feita comparando-se os resultados do laboratório com os valores apresentados na Tabela 3. O programa de adubação do pomar também 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 folhas sem que estas apresentem sintomas de toxidez, o que pode levar a interpretações erradas do estado nutricional, pois estes nutrientes podem apenas estar aderidos à superfície da folha sem estar disponíveis para a planta.

Tabela 3. Faixas para interpretação de teores de macro e micronutrientes nas folhas de citros, geradas na primavera, com 6 meses de idade, de ramos com frutos.

Nutriente	Baixo	Adequado	Excessivo
----- (g kg ⁻¹) -----			
Nitrogênio ¹	< 23	23–27	> 30
Fósforo	< 1,2	1,2–1,6	> 2,0
Potássio	< 10	10–15	> 20
Cálcio	< 35	35–45	> 50
Magnésio	< 3,0	3,0–4,0	> 5,0
Enxofre	< 2,0	2,0–3,0	> 5,0
----- (mg kg ⁻¹) -----			
Boro	< 80	80–160	> 160
Cobre ²	< 10	10–20	> 20
Ferro	< 49	50–120	> 200
Manganês	< 34	35–50	> 100
Zinco	< 34	35–50	> 100
Molibdênio	< 2	2–10	> 10

¹ Para limões e lima ácida Tahiti, as faixas de interpretação do teor de nitrogênio foliar (mg kg⁻¹) são: < 18 (baixo), 18–22 (adequado) e > 22 (excessivo).

² Teores foliares de cobre acima de 20 mg dm⁻³ geralmente estão associados a contaminações com o nutriente na superfície do limbo foliar, decorrentes da aplicação de produtos à base de cobre no tratamento fitossanitário (valores ajustados após novos ensaios com micronutrientes).

Fonte: Quaggio, Mattos Junior e Cantarella (2005).

3 RECOMENDAÇÕES DE CALAGEM E ADUBAÇÃO

As recomendações de calagem e adubação aqui apresentadas estão baseadas no Sistema IAC de Análise de Solo (RAIJ et al., 2001). Por esse motivo, caso a análise de solo tenha sido realizada por outro método, devem-se tomar alguns cuidados em seu uso, especialmente na interpretação da disponibilidade de fósforo e na recomendação de calagem.

3.1 Calagem

O manejo da adubação dos pomares, principalmente em relação ao uso continuado de fertilizantes nitrogenados, bem como o controle de pragas com a utilização de grandes quantidades de enxofre na forma elementar são as causas principais da acidificação dos solos dos pomares citrícolas. Nesse processo, ocorrem perdas de cálcio e magnésio para camadas mais profundas do perfil do solo, causando a acidificação nas camadas mais superficiais, em que, normalmente, se concentra a maioria das raízes das plantas. A acidez do solo é reconhecida como um dos principais fatores da baixa produtividade das culturas, que é determinada, frequentemente, pela toxidez de alumínio, e também de manganês em algumas espécies, pelos baixos teores de cálcio e magnésio e pela redução da disponibilidade de outros nutrientes, como o fósforo.

Os estudos sobre resposta dos citros à calagem são escassos na literatura internacional. Contudo, as pesquisas de Anderson (1971), Quaggio (1991) e Quaggio, Teófilo Sobrinho e Dechen (1992b) mostraram que os citros são plantas sensíveis à acidez do solo e responsivas à calagem, como se pode ver na Tabela 4. Boa parte da resposta dos citros à calagem se deve à demanda elevada das árvores por cálcio (MATTOS JUNIOR; QUAGGIO; CANTARELLA, 2003), pois são poucas as espécies de plantas que absorvem mais cálcio do que nitrogênio. Além disso, os citros possuem ainda forte demanda por magnésio, tendo sido a resposta de laranjeira Valêncica, em termos de produção, muito mais acentuada ao calcário dolomítico, rico em magnésio (Tabela 4) (QUAGGIO, 1991; QUAGGIO; TEÓFILO SOBRINHO; DECHEN, 1992b).

O método da saturação por bases é atualmente o mais empregado no país e está disponível nos laboratórios que utilizam o Sistema IAC de Análise de Solo (RAIJ et al., 2001).

Tabela 4. Resposta da laranjeira Valência à calagem, com calcário calcítico e dolomítico, nas fases de formação (1986-1989) e produção (1990-1994).

Calcário calcítico (t ha ⁻¹)	Produção de frutos (t ha ⁻¹)				
	Calcário dolomítico (t ha ⁻¹)				
	0	3	6	9	Média ¹
1986–1989					
0	14,2	21,6	23,4	22,1	20,3
3	18,2	22,3	21,3	23,0	21,5
6	22,1	20,6	25,7	23,5	23,0
9	23,4	22,8	25,0	23,8	23,4
Média ²	19,7	21,8	23,9	23,1	22,1
1990–1994					
0	29,3	38,7	46,9	45,3	40,1
3	38,0	45,7	44,7	47,4	44,0
6	36,6	41,0	47,9	44,0	42,4
9	38,8	44,2	44,8	43,6	42,8
Média ³	35,7	42,4	46,1	45,0	42,3

¹ Resposta linear significativa por regressão polinomial.

² Diferenças não significativas nas médias da coluna.

³ Resposta quadrática significativa por regressão polinomial.

Fonte: Quaggio (1991).

No estado de São Paulo, a necessidade de calcário é calculada com base em curva de calibração estabelecida para os citros, de modo a elevar a saturação por bases (V%) a 70% na camada superficial do solo (0–20 cm de profundidade) (QUAGGIO; TEÓFILO SOBRINHO; DECHEN, 1992b). Esse valor corresponde a pH 5,5 determinado em solução de CaCl_2 0,01 mol L⁻¹. Recomenda-se, também, o manejo da calagem para elevar e manter os níveis de magnésio no solo em, pelo menos, 4 mmol_c dm⁻³ ou, idealmente, 9 mmol_c dm⁻³ (QUAGGIO; TEÓFILO SOBRINHO; DECHEN, 1992a).

O cálculo da calagem é feito com a seguinte fórmula:

$$NC = CTC (V2 - V1)/10 PRNT$$

sendo:

NC = necessidade de calagem ($t\ ha^{-1}$)

CTC = capacidade de troca de cátions ($mmol_c\ dm^{-3}$)

V1 = saturação por bases atual do solo na camada arável de 0–20 cm (%)

V2 = saturação por bases recomendada para os citros, cujo valor é 70%

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário, que representa a capacidade neutralizante do corretivo

3.1.1 Calagem no plantio

Antes da formação do pomar, o calcário deve ser aplicado em área total, com antecedência ao plantio das mudas, e incorporado o mais profundamente possível para elevar a saturação por bases a 70%.

Além da calagem em área total, recomenda-se a aplicação de gesso com os objetivos de fornecer cálcio em forma mais solúvel do que o calcário e de melhorar o ambiente radicular pelo aumento da disponibilidade de cálcio nas camadas profundas dos solos, cuja resposta tem sido mais frequente em solos com caráter distrófico ou álico. As doses de gesso podem ser definidas por intermédio do teor de argila dos solos:

Arenoso (argila < 20%) – aplicar 1 $t\ ha^{-1}$ de gesso

Textura média (argila 20–40%) – aplicar 1,5 $t\ ha^{-1}$ de gesso

Argiloso (argila > 20%) – aplicar 2,0 $t\ ha^{-1}$ de gesso

Também se recomenda a aplicação de calcário no sulco de plantio na dose de 0,5 $kg\ m^{-1}$ de sulco. A incorporação do calcário no sulco deve ser feita com o uso de subsolador ou subsolador com três hastes, que também incorpora fósforo em profundidade, conhecido como equipamento de tríplice operação. Ao mesmo tempo, essa operação favorece a incorporação do adubo fosfatado aplicado no plantio quando o equipamento é adaptado para tanto (item 3.2.1).

3.1.2 Calagem em pomar em produção

O aspecto mais importante da resposta dos citros à calagem é o longo efeito residual no solo e a resposta em termos de produção (ANDERSON,

1971; QUAGGIO, 1991; QUAGGIO; TEÓFILO SOBRINHO; DECHEN, 1992b). Contudo, a avaliação da acidez do solo, por intermédio da análise química de amostras coletadas na faixa de adubação, deve ser uma prática rotineira dentro do programa de manejo do pomar, já que a aplicação de adubos, principalmente os nitrogenados, assim como o uso da fertirrigação contribuem significativamente para o aumento da acidez. O modo de aplicação de calcário em faixas, em pomares já implantados, é uma opção bastante interessante, porquanto direciona o insumo para a área mais acidificada do pomar.

A época mais adequada para a calagem na citricultura situa-se entre março e abril, distribuindo-se 70% da dose sob a projeção da copa das plantas. Entretanto, em pomares fertirrigados, recomenda-se a aplicação de 100% da dose sob a projeção da copa, pois a acidificação do solo é mais intensa nesta região.

3.2 Adubação

As recomendações de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio para os citros são distintas para: plantio; formação – árvores jovens < 5 anos de idade; e produção – árvores adultas. No último caso, distinguem-se as doses de fertilizantes para os grupos de variedades de laranjas, limas ácidas e limões, por um lado, e tangerinas e tangor, por outro (QUAGGIO; MATTOS JUNIOR; CANTARELLA, 2005). Ademais, para laranjas, as recomendações de adubação consideram a qualidade e o destino da fruta, ou seja, indústria ou mercado *in natura*.

3.2.1 Adubação de sulco de plantio

A experiência de campo tem demonstrado vantagens da adubação fosfatada aplicada em profundidade, juntamente com o calcário, no sulco de plantio. Por essa razão, o produtor deve dar preferência a fosfatos solúveis em água e com pH mais alto (como superfosfato simples) e, se possível, contendo zinco (0,5%) em sua composição.

Recomenda-se a aplicação de 90 g de P₂O₅ por metro de sulco, independentemente do teor do nutriente no solo, que varia de 120 kg ha⁻¹ a 140 kg ha⁻¹ de P₂O₅, junto com o calcário no sulco de plantio. A importância dessa aplicação é que esta é a única oportunidade de se aplicar fósforo em

profundidade. Para facilitar a incorporação de calcário no sulco e, simultaneamente, aplicar fósforo em profundidade, foi desenvolvido um equipamento conhecido com subsolador triplo, o qual é dotado de dispositivo capaz de aplicar fósforo perto das hastes do subsolador.

3.2.2 Adubação de formação (1-5 anos)

Durante a fase de formação do pomar, até o quinto ano, as doses de nitrogênio, P_2O_5 e K_2O recomendadas levam em conta a idade do pomar e os resultados da análise de solo para fósforo e potássio visando atender as necessidades de crescimento da copa e o início de produção de frutos. A análise de solo não fornece parâmetros para a adubação nitrogenada dos citros e, em decorrência da alta dinâmica do nutriente no solo, a recomendação de adubação com nitrogênio durante a fase de formação do pomar é realizada em função da idade da planta (Tabela 5).

Ajustes nas doses recomendadas devem ser feitos levando em conta o porta-enxerto escolhido. Mattos Junior et al. (2006) alertaram que na fase de formação, a resposta das laranjeiras à adubação com fósforo é maior para copas enxertadas em tangerina ‘Cleópatra’ em comparação com limão ‘Cravo’ e citrumelo ‘Swingle’. O mesmo trabalho indicou que na fase de condução dos citros no campo, a resposta de copas em citrumelo ‘Swingle’ à adubação com potássio é maior em comparação a outros porta-enxertos. Assim, ajustes nas doses recomendadas podem ser feitos de acordo com o porta-enxerto escolhido.

As doses de nitrogênio e potássio devem ser parceladas, conforme a idade, de três a seis vezes, entre setembro e março. Os maiores números de parcelamentos são necessários nos primeiros anos após o plantio das mudas no campo. O fósforo deve ser aplicado preferencialmente em dose única no primeiro parcelamento.

3.2.3 Adubação de produção

Na adubação para pomares em produção, além da disponibilidade de nutriente no solo, considera-se a produtividade esperada e o teor de nitrogênio nas folhas como critério de ajuste das doses de fertilizantes aplicadas, pois plantas em produção têm demanda extra de nutrientes para os frutos, além dos nutrientes necessários ao crescimento de folhas, ramos e raízes.

Tabela 5. Recomendações de adubação para citros em formação por idade e em função da análise de solo.

Idade (anos)	Nitrogênio (g planta ⁻¹)	P-resina (mg dm ⁻³)			K-trocável, (mmol _c dm ⁻³)			
		0–5		6–12	13–30	>30	0–0,7	0,8–1,5
		P ₂ O ₅ (g planta ⁻¹)		K ₂ O (g planta ⁻¹)				>3,0
0–1	100	0	0	0	0	40	20	0
1–2	220	160	100	50	20	120	90	50
2–3	300	200	140	70	30	200	150	100
3–4	400	300	210	100	50	400	300	200
4–5	500	400	280	140	70	500	400	300

Observação: Para copas sobre tangerinas ‘Cleópatra’ e ‘Sunki’, aumentar a dose de fósforo em 20%, para citrino ‘Swingle’, aumentar a dose de potássio em 20%.

Fonte: Quaggio, Mattos Junior e Cantarella (2005).

Em média, os frutos cítricos colhidos exportam, em kg t^{-1} : nitrogênio – 1,9 e potássio – 1,5, cujas quantidades são bastante superiores a fósforo – 0,17, cálcio – 0,53, magnésio – 0,12, enxofre – 0,14, boro – $2,2 \times 10^{-3}$, cobre – $1,2 \times 10^{-3}$, ferro – $6,6 \times 10^{-3}$, manganês – $2,8 \times 10^{-3}$ e zinco – $0,9 \times 10^{-3}$ (BATAGLIA et al., 1977). O teor de nitrogênio foliar tem se mostrado um bom indicador para ajustar as doses deste nutriente definidas conforme a produção estimada de frutos (Gráfico 1). A resposta à adubação nitrogenada para a produção de laranjas (QUAGGIO; CANTARELLA; RAIJ, 1998), tangerinas e tangor ‘Murcott’ (MATTOS JUNIOR et al., 2004) é praticamente inexistente para teores foliares acima de 28 g kg^{-1} de nitrogênio. No caso de limões e lima ácida, o teor adequado de nitrogênio nas folhas é menor e situa-se ao redor de 22 g kg^{-1} (MATTOS JUNIOR; QUAGGIO; CANTARELLA, 2003; QUAGGIO et al., 2002).

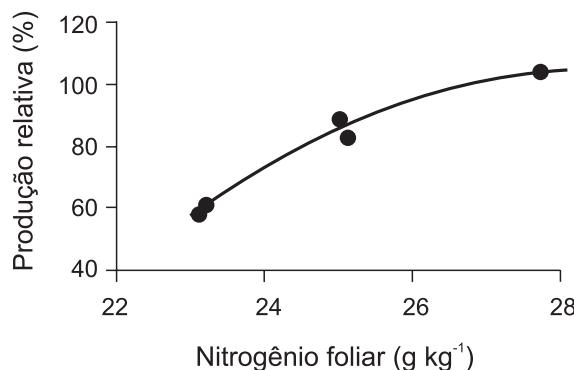


Gráfico 1. Superfície de resposta da produção de frutos em função dos teores foliares de nitrogênio dos citros.

Fonte: Quaggio, Cantarella e Rajj (1998).

Os citros armazenam grande quantidade de nitrogênio na biomassa, que pode ser redistribuído, principalmente, para órgãos em desenvolvimento como folhas e frutos (MATTOS JUNIOR; GRAETZ; ALVA, 2003). Por esse motivo, a redução da adubação nitrogenada pode não afetar a produção de frutos de imediato; contudo, quando as doses de nitrogênio forem inferiores às recomendadas, as árvores podem sofrer gradativa redução de densidade e crescimento da copa, o que, consequentemente, acarretará perdas na produção de frutos em anos posteriores. O ajuste da adubação nitrogenada com base

na análise de folhas é importante, pois a falta ou o excesso de nitrogênio interferem no tamanho e na qualidade dos frutos (QUAGGIO; MATTOS JUNIOR; CANTARELLA, 2006). Assim, altas doses de nitrogênio tendem a aumentar o número de frutos na planta em detrimento de seu tamanho, o que pode ser desvantajoso para a comercialização de frutos *in natura*.

A adubação com potássio também afeta o tamanho do fruto, embora o excesso deste nutriente possa determinar perdas de produção dos citros, em decorrência do desbalanço nutricional, marcado pelo decréscimo acentuado dos teores foliares de cálcio e magnésio (MATTOS JUNIOR et al., 2004). Altas doses de potássio provocam aumento do tamanho de frutos e de espessura da casca, que são qualidades desejadas para frutos comercializados *in natura*; no entanto, plantas com alto suprimento deste nutriente tendem a produzir frutos com maior acidez e menor teor de sólidos solúveis, o que os deprecia para a indústria de suco (ALVA et al., 2006; QUAGGIO; MATTOS JUNIOR; CANTARELLA, 2006). Teores altos de potássio disponível no solo são frequentes em pomares cuja adubação é realizada com formulações tradicionais na citricultura, desconsiderando-se os resultados da análise de solo (QUAGGIO, 1996).

Ainda, o manejo dos adubos nitrogenados é importante para garantir a eficiência de uso do nitrogênio. Com as práticas recomendadas para o controle do mato no pomar por meio de herbicidas ou roçadeira, evitando o uso de grades, os fertilizantes são aplicados na superfície do solo, às vezes sobre resíduos de plantas. Nessas condições, a ureia, a fonte de nitrogênio mais comum no Brasil, está sujeita a perdas por volatilização de amônia (NH_3) se não houver incorporação (mecânica ou com água de irrigação/precipitação) do fertilizante ao solo. Avaliações em pomares comerciais têm mostrado que as perdas por volatilização de NH_3 podem variar de 15% a 45% do nitrogênio aplicado à superfície do solo como ureia (CANTARELLA et al., 2003; MATTOS JUNIOR; GRAETZ; ALVA, 2003).

Trabalhos realizados no Brasil permitiram, pela primeira vez, fazer a calibração da análise de solo para fósforo e potássio em citros com base na extração com resina trocadora de íons (Gráfico 2) (QUAGGIO; CANTARELLA; MATTOS JUNIOR, 1996; QUAGGIO; CANTARELLA; RAIJ, 1998). Os limites das faixas de interpretação de teores para potássio são semelhantes aos usados para as culturas anuais, mas para fósforo, o nível crítico para culturas perenes é mais baixo (= 20 mg dm⁻³).

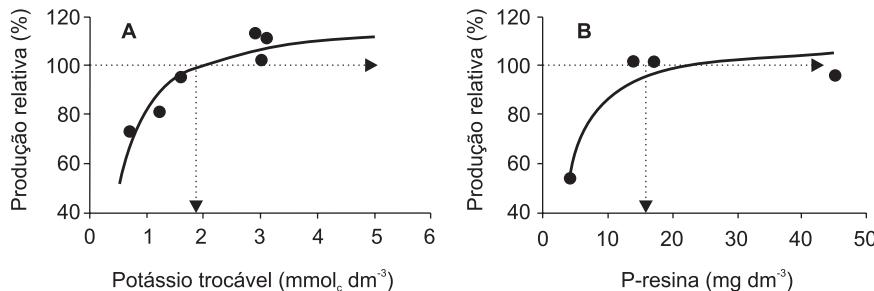


Gráfico 2. Curva de calibração para produção relativa de citros em função dos teores no solo de A. potássio trocável e B. P-resina.

Fonte: Quaggio, Cantarella e Raij (1998).

Pomares deficientes em fósforo crescem lentamente, as folhas velhas perdem o brilho, podem ter tamanho excessivo, coloração bronzeada e caem prematuramente. A adubação com fósforo em citros vinha sendo negligenciada no Brasil em função de dados obtidos em outros países, que sugeriam que esta cultura era pouco responsável a este elemento. Essa informação não levava em conta que, em muitas regiões produtoras no exterior, os citros são cultivados em solos desenvolvidos a partir de sedimentos ricos em fósforo (JACKSON et al., 1995) e que os solos do Brasil são, em geral, deficientes neste nutriente (QUAGGIO, 1996).

Em citricultura, os fertilizantes são aplicados na superfície sem incorporação. Nesse caso, devem-se utilizar fontes de fósforo solúveis em água para aumentar a eficiência dos fertilizantes fosfatados. Por causa da baixa mobilidade de fósforo no perfil do solo, é fundamental a aplicação de dose adequada do nutriente no sulco de plantio durante a instalação do pomar. Em pomares já instalados em solos pobres em fósforo, a correção da sua deficiência é mais eficiente em dose única. Além da disponibilidade de nutrientes no solo, a adubação para pomares em produção leva em conta a produtividade esperada. Com base nesse conjunto de informações, foram estabelecidas recomendações de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio para pomares em produção, para os grupos de variedades de laranjas, considerando a qualidade e o destino da fruta, isto é, para a indústria (Tabela 6) ou o mercado *in natura* (Tabela 7), para lima ácida Tahiti e limões (Tabela 8) e para tangerinas e tangor ‘Murcott’ (Tabela 9).

Tabela 6. Recomendações de adubação para laranjas produzidas visando utilização na indústria, em função das análises de solo e folhas, e classes de produção.

Classe de produção (t ha ⁻¹)	Nitrogênio foliar (g kg ⁻¹) ¹			P-resina (mg dm ⁻³)			K-trocável (mmol _c dm ⁻³) ²				
	< 23	23–27	> 27	< 5	6–12	13–30	> 30	< 0,7	0,8–1,5	1,6–3,0	> 3,0
< 20	120	80	70	80	60	40	0	80	60	40	0
21–30	140	120	90	100	80	60	0	120	100	60	0
31–40	200	160	130	120	100	80	0	140	120	80	40
41–50	220	200	160	140	120	100	0	180	140	100	50
> 50	240	220	180	160	140	120	0	200	160	120	60

Fonte: Quaggio, Mattos Junior e Cantarella (2005).

Tabela 7. Recomendações de adubação para laranjas produzidas visando utilização *in natura*, em função das análises de solo e folhas, e classes de produção.

Classe de produção (t ha ⁻¹)	Nitrogênio foliar (g kg ⁻¹)			P-resina (mg dm ⁻³)			K-trocável (mmol _c dm ⁻³)					
	< 23	23–27	> 27	< 5	6–12	13–30	> 30	< 0,7	0,8–1,5	1,6–3,0	> 3,0	
	N – P ₂ O ₅ – K ₂ O (kg ha ⁻¹)											
< 20	100	80	60	80	60	40	0	140	120	100	40	
21–30	120	100	80	120	100	60	0	160	140	120	80	
31–40	160	140	100	140	120	80	0	200	180	160	100	
> 40	180	160	120	160	140	100	0	220	200	180	120	

Fonte: Quaggio, Mattos Junior e Cantarella (2005).

Tabela 8. Recomendações de adubação para lima ácida Tahiti e limões, em função das análises de solo e folhas, e classes de produção.

Classe de produção (t ha ⁻¹)	Nitrogênio foliar (g kg ⁻¹)			P-resina (mg m ⁻³)			K-trocável (mmol _c dm ⁻³)				
	< 17	18–22	> 22	< 5	6–12	13–30	> 30	< 0,7	0,8–1,5	1,6–3,0	> 3,0
N – P ₂ O ₅ – K ₂ O (kg ha ⁻¹)											
< 20	100	80	60	70	50	30	0	120	100	60	0
20–30	140	120	80	90	70	40	0	160	120	80	60
31–40	200	160	100	120	100	50	0	220	180	140	80
41–50	220	200	120	140	120	60	0	280	200	160	100
> 50	260	220	140	160	140	70	0	300	240	200	120

Fonte: Quaggio, Mattos Junior e Cantarella (2005).

Tabela 9. Recomendações de adubação para tangerinas e tangor 'Murcott', em função das análises de solo e folhas, e classes de produção.

Classe de produção (t ha ⁻¹)	Nitrogênio foliar (g kg ⁻¹)			P-resina (mg m ⁻³)			K-trocável (mmol _c dm ⁻³)				
	< 23	23–27	> 27	< 5	6–12	13–30	> 30	< 0,7	0,7–1,5	1,6–3,0	> 3,0
N – P ₂ O ₅ – K ₂ O (kg ha ⁻¹)											
< 20	80	70	60	70	50	30	0	80	60	40	0
21–30	110	90	70	90	70	40	0	110	80	50	10
31–40	160	130	100	130	100	50	0	160	110	70	20
41–50	200	170	140	160	120	60	0	200	140	100	30
> 50	230	190	150	180	140	70	0	220	150	120	40

Fonte: Quaggio, Mattos Junior e Cantarella (2005).

A adubação deve ser feita no período das águas, pois a demanda por nutrientes pelos citros é maior no início da primavera, quando ocorre o fluxo mais intenso de vegetação, e se estende até o início do outono, quando deve haver boa reserva e equilíbrio na biomassa das plantas para garantir os processos normais de floração e fixação dos frutos (BUSTAN; GOLDSCHMIDT, 1998).

O parcelamento das doses de nitrogênio e potássio em três ou quatro aplicações durante o ano aumenta a eficiência da adubação, por reduzir as perdas de nutrientes no solo com a água de drenagem, o que ocorre principalmente em solos arenosos, e por adequar a demanda de nutrientes em diferentes períodos de desenvolvimento dos citros (do florescimento à maturação dos frutos). Recomenda-se aplicar de 30% a 40% do nitrogênio e do potássio na época do florescimento e o restante dividido entre os meses de outubro a março do ano seguinte. Em variedades precoces, tais como Hamlin e Westin, é recomendado que o último parcelamento da adubação seja feito até fevereiro.

Quando os teores foliares de nitrogênio e potássio das plantas forem superiores aos níveis considerados excessivos, recomenda-se reduzir a dose ou suprimir o último parcelamento do fertilizante aplicado no ano. O fósforo deve ser, preferencialmente, aplicado em dose única nos meses de agosto ou setembro.

3.2.4 Fertirrigação

Na citricultura paulista, a área irrigada vem crescendo de modo acelerado nos últimos anos e na maior parte desta área emprega-se sistema de irrigação localizada com fertirrigação. A fertirrigação é uma técnica que permite a aplicação de fertilizantes nas plantas via água de irrigação. Nesse sistema, é possível aumentar a frequência de parcelamento do fertilizante, ou seja, diminuir a dose por aplicação com consequente aumento no número de aplicações.

Nas condições brasileiras, a fertirrigação ainda é uma prática recente, principalmente em citricultura, o que tem demandado estudos sobre várias questões no setor. As recomendações para essa prática utilizadas em regiões de clima temperado e mediterrâneo, como Espanha e Israel, consideram condições de solos com pH alto ($> 6,5$), diferentes dos solos predominantemente ácidos encontrados no Brasil.

Quando os nutrientes são fornecidos juntamente com a água de irrigação, há aumento na eficiência da adubação, pois há maior uniformidade de distribuição dos fertilizantes e possibilidade de melhor ajuste da aplicação dos nutrientes em relação às demandas das plantas nos diferentes estádios fenológicos. Resultados de pesquisa, em solos tropicais, têm demonstrado que na citricultura a eficiência do fertilizante aumenta em até 25% com a fertirrigação em comparação com a adubação sólida convencional (QUAGGIO et al., 2006). Assim, em pomar fertirrigado por gotejamento, as doses de nitrogênio e potássio, aplicadas via fertirrigação, podem ser reduzidas em até 20%, conforme as recomendações de adubação apresentadas nas Tabelas 6 a 9.

Como os fertilizantes na fertirrigação são aplicados de forma bastante localizada por gotejamento, ocorre maior concentração de cátions e ânions na solução do solo em relação à adubação sólida convencional, na qual os fertilizantes são aplicados em maior superfície. Portanto, pomares fertirrigados apresentam maior potencial de perdas de nutrientes por lixiviação e, ao mesmo tempo, maior potencial de acidificação do solo na região do bulbo úmido. Em contraste, na adubação convencional, os fertilizantes são aplicados em maior superfície, o que, consequentemente, diminui esse potencial de acidificação.

Em condições de solos tropicais, não se recomenda o uso de ácido fosfórico como fonte de fósforo para as plantas, podendo-se fazer uso deste apenas para a limpeza do sistema de fertirrigação. Como as fontes de fósforo pouco acidificantes têm maior custo, a adubação com este nutriente pode ser feita da forma convencional (sólida), utilizando-se as recomendações das Tabelas 5 a 9.

3.2.5 Micronutrientes

Boro, zinco e manganês são os micronutrientes mais importantes para a produção dos citros, cujos sintomas visuais de deficiência também são mais frequentes (MATTOS JUNIOR; BATAGLIA; QUAGGIO, 2005; QUAGGIO; MATTOS JUNIOR; CANTARELLA, 2005).

A deficiência de boro vem se tornando mais frequente na citricultura em função da baixa 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. Em regiões mais frias, a transpiração das plantas é menor, o que reduz diretamente a absorção de

boro (BROWN; SHELP, 1997). Plantas enxertadas em citrumelo ‘Swingle’ são mais exigentes em boro do que aquelas enxertadas em limoeiro Cravo (BOARETTO et al., 2008).

O sintoma de deficiência de boro em citros mais citado na literatura é a presença de bolsas de goma no albedo e na columela dos frutos, os quais tornam-se duros e caem prematuramente e, às vezes, têm sementes malformadas (CHAPMAN, 1968). Porém, isso ocorre em condições severas de deficiência, provocando perdas de produtividade, como relatado para tangerina ‘Ponkan’ (QUAGGIO; ROSSETTI; CHAGAS, 1996).

Sintomas menos severos têm sido mais frequentemente observados e, pelo desconhecimento, têm causado prejuízo à citricultura brasileira. Eles se caracterizam por plantas pouco desenvolvidas, com folhas miúdas em ramos curtos, oriundos da brotação excessiva de gemas axilares, dando aspecto de tufo à planta, pela perda de dominância apical. A copa tende a apresentar aspecto enfezado, sem lançamento expressivo de novos ramos. Tais sintomas são decorrentes do mau funcionamento do sistema radicular e vascular da planta, notadamente do floema e, geralmente, não são corrigidos com aplicação foliar de boro. Por outro lado, a aplicação do nutriente no solo reativa o sistema de condução de seiva para as raízes, que crescem rapidamente e provocam brotações exuberantes na parte aérea, com ramos longos, folhas maiores que as anteriores e com dominância apical.

Nos citros, a toxidez é mais frequentemente observada em árvores jovens, em decorrência da aplicação localizada ao redor das plantas. O sintoma visual manifesta-se a partir de clorose das margens com pontos necróticos e evolui para o centro do limbo foliar, com posterior necrose das regiões cloróticas, causando a queda prematura das folhas sintomáticas.

Quaggio e outros (2003) demonstraram ocorrência de correlação positiva entre a aplicação de ácido bórico no solo e a produção de frutos em laranjeira. Em seu trabalho, os autores verificaram que a produtividade máxima de frutos ocorreu com a dose de 4 kg ha⁻¹ de boro aplicada no solo na faixa de adubação do pomar, correspondendo ao teor de boro no solo de 1,0 mg dm⁻³, na camada de 0–20 cm. Esse valor é superior ao usado na interpretação de análises de solo para culturas anuais (RAIJ et al., 1997).

A deficiência de zinco é generalizada nos pomares brasileiros, principalmente na variedade Pera (MOREIRA, 1960). Plantas cítricas com carência de zinco brotam pouco e ficam com enfolhamento velho e pouco

vigoroso, com redução do crescimento da copa e da produção. Os porta-enxertos como tangerinas ‘Cleópatra’ e ‘Sunki’ são mais exigentes em zinco do que o limão Cravo e, portanto, necessitam aplicações complementares deste nutriente.

A deficiência de manganês também é comum em pomares cítricos, porém somente quando é severa reduz a produtividade das plantas. Os sintomas são mais frequentes para a variedade Pera, principalmente em solos com calagem recente ou quando ocorre veranico durante o verão.

Por outro lado, a deficiência de cobre em citros vem se tornando relativamente comum, especialmente durante a fase de formação do pomar, uma vez que, neste período, as pulverizações com fungicidas cúpricos (muito comum quando as plantas estão em produção), praticamente não ocorrem, não havendo, assim, o fornecimento indireto deste micronutriente (MATTOS JUNIOR; BATAGLIA; QUAGGIO, 2005).

A adubação foliar tem sido a forma mais utilizada para aplicação de micronutrientes metálicos na citricultura, não somente porque a quantidade necessária é pequena, mas também para se evitar adsorção dos elementos metálicos aos coloides do solo, o que reduziria a disponibilidade dos micronutrientes metálicos para as plantas (CAMARGO, 1991). Entretanto, os micronutrientes têm baixa mobilidade no floema, como ocorre para manganês, zinco e boro (BOARETTO et al., 2002, 2004; EMBLETON; WALLIHAN; GOODALL, 1965; LABANAUSKAS; JONES; EMBLETON, 1964). Isso mostra que devem ser feitas aplicações foliares nos principais fluxos de vegetação (primavera e verão), quando as folhas são ainda jovens e têm cutícula pouco desenvolvida, o que facilita a absorção e fornece os micronutrientes aos novos órgãos em desenvolvimento.

Em pomares com idade inferior a 4 anos, recomenda-se a aplicação mensal, entre outubro e maio, de zinco, manganês, cobre e boro nas folhas. Em pomares em produção, devem ser realizadas de três a quatro pulverizações no período das chuvas, sempre que houver brotações novas na planta. As fontes mais recomendadas de micronutrientes metálicos (zinco, manganês, cobre) são sais formados com íons cloreto, sulfato e nitrato. Em aplicações foliares, a fonte de boro mais recomendada é o ácido bórico, compatível com a maioria dos defensivos agrícolas.

A recomendação geral de adubação foliar para os citros consiste em preparar caldas desses sais e ureia a 5 g L⁻¹, como coadjuvante, nas

seguintes concentrações (em mg L⁻¹): zinco – 500 a 1.000, manganês – 300 a 700, boro – 200 a 300 e cobre – 600 a 1.000. As quantidades dos produtos variam com o tipo de sal usado (cloreto, sulfato e nitrato). Quando as fontes de micronutrientes metálicos estiverem na forma de cloreto, recomenda-se usar sempre a menor concentração das faixas recomendadas para evitar queimaduras nas folhas. As concentrações inferiores são recomendadas para a manutenção, enquanto as superiores devem ser empregadas quando há sintomas visíveis de deficiência. As caldas mais concentradas devem ser aplicadas durante as horas mais frescas do dia para evitar queimaduras em folhas e frutos.

A aplicação de boro na citricultura deve ser feita preferencialmente via solo. Contudo, a adição do nutriente em misturas NPK geralmente traz problemas de segregação, pois há dificuldade de se obter fonte de boro granulada eficiente. Por outro lado, a adição de boro em fertilizantes complexos, com os nutrientes no mesmo grão, é vantajosa do ponto de vista agronômico. Recomenda-se a aplicação de ácido bórico dissolvido na calda de herbicidas de contato, como o glifosato, que constitui a forma mais prática e eficiente para aplicar boro. Geralmente, esses herbicidas são aplicados de duas a três vezes ao ano com o volume de solução de 200 L ha⁻¹ de área tratada, com o qual é possível dissolver a dose de 1 kg ha⁻¹ de boro (6 kg ha⁻¹ de ácido bórico). Recomenda-se a aplicação anual de 2 kg ha⁻¹ de boro independentemente da idade do pomar. Quando o porta-enxerto for o citrumelo ‘Swingle’, mais exigente em boro, aumentar a dose para 3 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de boro.

4 DESORDENS NUTRICIONAIS: DIAGNÓSTICO VISUAL

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

Normalmente, os sintomas dessas desordens são visíveis quando o problema é agudo e, nesta fase, o desenvolvimento e a produtividade são severamente afetados e, embora característicos, podem ser confundidos se houver deficiência e toxidez de mais de um elemento. Outros fatores, como prejuízos causados às plantas por pragas e doenças, podem também ocasionar os mesmos sintomas típicos nutricionais. Os sintomas mais frequentes de desordens nutricionais observados nos pomares e viveiros de citros são apresentados nas Fotografias 1 a 11.



Fotografia 1. Planta de laranja com sintoma de deficiência de nitrogênio. As folhas, especialmente as mais velhas, apresentam coloração verde-pálida.

Fonte: Original de Quaggio, estado de São Paulo, 1994.



Fotografia 2. Sintoma de deficiência de fósforo. As folhas mais velhas apresentam aspecto amarelado ou bronzeado. O sintoma nem sempre é fácil de identificar, mas a árvore com deficiência de fósforo tende a perder as folhas e adquire aspecto pouco vigoroso e uma certa “transparência”. Nos frutos, a columela tende a se tornar aberta.

Fonte: Original de Quaggio, estado de São Paulo, 1989.



Fotografia 3. Sintoma de deficiência de potássio. As folhas mais velhas tomam coloração amarelo-pálida e ficam sem brilho. O tamanho dos frutos fica bastante reduzido e estes podem cair ao chão em grande quantidade quando a deficiência é severa.

Fonte: Original de Quaggio, estado de São Paulo, 1992.



Fotografia 4. Sintoma de deficiência de magnésio em folhas de citros. A clorose internerval aparece nas folhas velhas.

Fonte: Original de Mattos Junior, estado de São Paulo, 2002.



Fotografia 5. Sintoma de deficiência de magnésio em muda cultivada em borbulheira em solo ácido. O excesso de água dificulta a absorção de magnésio e exacerba o sintoma de deficiência.

Fonte: Original de Mattos Junior, estado de São Paulo, 2000.



Fotografia 6. Árvore com deficiência de boro recuperada por aplicação via solo. Notar o contraste entre o aspecto “enfezado” das partes mais velhas, caracterizado pelo formato arredondado da copa, e os novos ramos, de crescimento vigoroso e espontâneo, desenvolvidos após a aplicação de boro. Muitas vezes, a análise das folhas antes da aplicação de boro não permite a diagnose da deficiência, pois o baixo crescimento da planta mantém um teor próximo do adequado nas folhas envelhecidas.

Fonte: Original de Quaggio, estado de São Paulo, 1990.



Fotografia 7. Ramo de árvore com deficiência de boro. A falta do elemento provoca a morte apical e o aparecimento de brotações na ponta do ramo.

Fonte: Original de Mattos Junior, estado de São Paulo, 2002.



Fotografia 8. Fitotoxicidade de boro em plantas cultivadas em substrato preparado na fábrica.
Fonte: Original de Mattos Junior, estado de São Paulo, 2002.



Fotografia 9. Sintoma de fitotoxicidade de boro em planta adulta: detalhe de ramo com fruto.
Fonte: Original de Mattos Junior e Quaggio, estado de São Paulo, 2005.



Fotografia 10. Sintoma de deficiência de zinco em citros. As folhas novas apresentam clorose internerval, crescimento reduzido e aspecto lanceolado.

Fonte: Original de Quaggio, estado de São Paulo, 2000.



Fotografia 11. Sintoma de deficiência de manganês em citros. As folhas apresentam clorose internerval, mas têm o tamanho normal.

Fonte: Original de Quaggio, estado de São Paulo, 1990.

REFERÊNCIAS

- ALVA, A. K.; MATTOS JUNIOR, D.; PARAMASIVAM, S.; PATIL, B.; DOU, H.; SAJWAN, K. S. Potassium management for optimizing citrus production and quality. **International Journal of Fruit Science**, Binghamton, v. 6, no. 1, p. 3–43, 2006.
- ANDERSON, C. A. Effects of soil pH and calcium on yields and fruit quality of young 'Valencia' oranges. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Tallahassee, v. 84, p. 4–11, 1971.
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas, SP: Instituto Agronômico, 1983. (Boletim Técnico, 78).
- BATAGLIA, O. C.; RODRIGUEZ, O.; HIROCE, R.; GALLO, J. R.; FURLANI, P. R.; FURLANI, A. M. C. Composição mineral de frutos cítricos na colheita. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 36, n. 21, p. 215–221. 1977.
- BOARETTO, A. E.; BOARETTO, R. M.; CONTIN, T. L. M.; MURAOKA, T. É móvel ou imóvel o boro em laranjeiras? **Laranja**, Cordeirópolis, v. 25, n. 1, p. 195–208, 2004.
- BOARETTO, A. E.; BOARETTO, R. M.; MURAOKA, T.; NASCIMENTO FILHO, V. F.; TIRITAN, C. S.; MOURÃO FILHO, F. A. A. Foliar micronutrient application effects on citrus fruit yield, soil and leaf Zn concentrations and ^{65}Zn mobilization within the plant. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 594, p. 203–209, 2002.
- BOARETTO, R. M.; QUAGGIO, J. A.; MOURÃO FILHO, F. A. A.; GINÉ, M. F.; BOARETTO, A. E. Absorption and mobility of boron in young citrus plants. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 39, no. 17–18, p. 2501–2514, 2008.
- BROWN, P.; SHELP, B. J. Boron mobility in plants. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 193, p. 85–101, 1997.
- BUSTAN, A.; GOLDSCHMIDT, E. E. Estimating the cost of flowering in a grapefruit tree. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v. 21, no. 2, p. 217–224, 1998.
- CAMARGO, O. A. Reações e interações de micronutrientes no solo. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. (Ed.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, CNPq, 1991. p. 233–272.

CANTARELLA, H.; MATTOS JUNIOR, D.; QUAGGIO, J.A.; RIGOLIN, A. T. Fruit yield of Valencia sweet orange fertilized with different N sources and the loss of applied N. **Nutrient Cycling Agroecosystems**, Dordrecht, v. 67, no. 3, p. 215–223, 2003.

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. In: INTERNATIONAL CITRUS CONGRESS, 7., 1992, Acireale. **Proceedings...** Riverside: International Society of Citriculture, 1992. v. 2. p. 607–612.

CHAPMAN, H. D. The mineral nutrition of citrus. In: REUTHER, W.; BATCHELOR, L. D.; WEBBER, H. J. (Ed.). **The citrus industry**. v. 2. Riverside: University of California, 1968. p. 127–289.

EMBLETON, T. W; WALLIHAN, E. F.; GOODALL, G. E. Effectiveness of soil vs. foliar applied zinc and of foliar applied manganese on California lemons. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 86, p. 253–259, 1965.

ERICKSON, L. C. The general physiology of citrus. In: REUTHER, W.; BATCHELOR, L. D.; WEBBER, H. J. (Ed.). **The citrus industry**. v. 2. Riverside: University of California, 1968. p. 86–126.

FAO. Food and Agriculture Organization. **Faostat** - statistical databases. Rome, 2009. Disponível em: <<http://apps.www.fao.org>>. Acesso em: 14 mar. 2009.

GRUPO PAULISTA DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA CITROS. **Recomendações de adubação e calagem para citros no estado de São Paulo**. 3. ed. Cordeirópolis, 1994.

JACKSON, L. K.; ALVA, A. K.; TUCKER, D. P. H.; CALVERT, D. V. Factors to consider in developing a nutrition program. In: TUCKER, D. P. H.; ALVA, A. K.; JACKSON, L. K.; WHEATON, T. A. (Ed.). **Nutrition of Florida citrus trees**. Gainesville: University of Florida, 1995. p. 3–12. (SP 169).

LABANAUSKAS, C. K.; JONES, W. W.; EMBLETON, T. W. Effects of foliar applications of manganese, zinc and urea on yield and fruit quality of Valencia oranges and nutrient concentrations in the leaves, peel and juice. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 82, p. 143–153, 1964.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995.

MATTOS JUNIOR, D.; BATAGLIA, O. C.; QUAGGIO, J. A. Nutrição dos citros. In: MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. (Ed.). **Citros**. Campinas, SP: Instituto Agronômico, 2005. p. 197–219.

MATTOS JUNIOR, D.; GRAETZ, D. A.; ALVA, A. K. Biomass distribution and nitrogen-15 partitioning in citrus trees on a sandy Entisol. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 67, no. 2, p. 555–563, 2003.

MATTOS JUNIOR, D.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H. Manejo da fertilidade do solo. In: MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, D.; FIGUEIREDO, J. O. (Ed.). **Lima ácida Tahiti**. Campinas, SP: Instituto Agronômico, 2003. p. 67–80.

MATTOS JUNIOR, D.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; ALVA, A. K.; GRAETZ D. A. Response of young citrus trees on selected rootstocks to nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 29, no. 8, p. 1371–1385, 2006.

MATTOS JUNIOR, 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**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p.164–167, 2004.

MOREIRA, S. Um novo problema para nossa citicultura. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 35, p. 77–82, 1960.

QUAGGIO, J. A. Análise de solo para citros: métodos e critérios para interpretação. In: DONADIO, L. C.; BAUMGARTNER, J. G. (Coord.). **IV Seminário internacional de citros – nutrição e adubação**. Campinas, SP: Fundação Cargill, 1996. p. 95–114.

QUAGGIO, J. A. **Resposta da laranjeira Valência à calagem e ao equilíbrio de bases num latossolo de textura argilosa**. 1991. 107 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas)–Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1991.

QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; MATTOS JUNIOR, D. Soil testing and leaf analysis in Brazil – recent developments. In: INTERNATIONAL CITRUS CONGRESS, 8., 1996, Sun City. **Proceedings...** Riverside: International Society of Citriculture, 1996. v. 2, p. 1269–1275.

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**, Dordrecht, v. 52, no. 1, p. 67–74. 1998.

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**, Montpellier, v. 61, n. 5, p. 1–10, 2006.

QUAGGIO, J. A.; MATTOS JUNIOR, D.; CANTARELLA, H. Manejo da fertilidade do solo na citricultura. In: MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. (Ed.). **Citros**. Campinas, SP: Instituto Agronômico, 2005. p. 483–517.

QUAGGIO, J. A.; MATTOS JUNIOR, D.; CANTARELLA, H.; ALMEIDA, E. L. E.; CARDOSO, S. A. B. Lemon yield and fruit quality affected by NPK fertilization. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 96, no. 1–4, p. 151–162, 2002.

QUAGGIO, J. A.; MATTOS JUNIOR, D.; CANTARELLA, H.; TANK JUNIOR, A. Fertilização com boro e zinco no solo em complementação à aplicação via foliar em laranjeira Pêra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 5, p. 627–634, 2003.

QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. van; TOLEDO PIZA JUNIOR, C. Frutíferas. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, A. J.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. rev. Campinas, SP: Instituto Agronômico e Fundação IAC, 1997. p. 121–153. (Boletim Técnico, 100).

QUAGGIO, J. A.; ROSSETTI, V.; CHAGAS, C. M. Anormalidades de tangerinas Poncân no Estado de Minas Gerais, provocadas por deficiência de boro. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 55, n. 1, p.157–162, 1996.

QUAGGIO, J. A.; SILVA, G. O.; SOUZA, T. R.; MATTOS JUNIOR, D.; KRONTAL, Y. Dinâmica de íons no solo e ganhos de eficiência fertilizante devido a irrigação e fertirrigação na citricultura. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 27., 2006, Bonito. **Anais...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. CD-ROM.

- QUAGGIO, J. A.; TEÓFILO SOBRINHO, J.; DECHEM, A. R. Magnesium influences on fruit yield and quality of 'Valencia' sweet orange on Rangpur lime. In: INTERNATIONAL CITRUS CONGRESS, 7., 1992, Acireale. **Proceedings...** Riverside: International Society of Citriculture, 1992. v. 2. p. 633–637, 1992a.
- QUAGGIO, J. A.; TEÓFILO SOBRINHO, J.; DECHEM, A. R. Response to liming of 'Valencia' orange tree on Rangpur lime: effects of soil acidity on plant growth and yield. In: INTERNATIONAL CITRUS CONGRESS, 7., 1992, Acireale. **Proceedings...** Riverside: International Society of Citriculture, 1992. v. 2. p. 628–632, 1992b.
- RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (Ed.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas, SP: Instituto Agronômico, 2001.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem no Estado de São Paulo.** 2. ed. rev. Campinas, SP: Instituto Agronômico e Fundação IAC, 1997. (Boletim Técnico, 100).
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análises de solo para fins de fertilidade.** Campinas, SP: Instituto Agronômico, 1983. (Boletim Técnico, 81).
- SMITH, P. F. Leaf analysis of citrus. In: CHILDERS, N. F. (Ed.). **Nutrition of fruit crops.** New Jersey: Somerset Press, 1966. p. 208–228.

