

CITROS: MANEJO DA FERTILIDADE DO SOLO PARA ALTA PRODUTIVIDADE

*Dirceu Mattos Junior¹
José Antônio Quaggio²*

*Heitor Cantarella²
Rodrigo Marcelli Boaretto¹*

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é líder mundial na produção de citros, com um volume superior a 20 milhões de toneladas 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 em 668 mil hectares no Estado de São Paulo. Esta produção é destinada principalmente à indústria de suco concentrado e congelado.

A manutenção de níveis elevados de produção requer, entre outros fatores, o manejo nutricional adequado dos pomares, estabelecido com base em informações que correlacionam o desenvolvimento da planta e a produção de frutos com o teor de nutrientes nas folhas e a disponibilidade de nutrientes no solo, mais o suprimento pela adubação.

A equipe de fertilidade do solo e nutrição de plantas do Instituto Agronômico, IAC, vem concentrando esforços para ampliar e intensificar suas pesquisas sobre nutrição e adubação dos citros. Consolidando informações científicas sobre nutrição, adubação e produção de citros, publicadas em diversos meios, foi desenvolvido um programa de manejo da fertilidade do solo que visa melhorar a produtividade e a qualidade dos frutos para pomares na citricultura dentro dos novos sistemas de produção e nos diferentes ambientes agrícolas. Assim, as recomendações ora apresentadas incorporam revisões sobre aquela publicada anteriormente no livro Citros, em 2005 (QUAGGIO et al., 2005).

2. DIAGNÓSTICO DA FERTILIDADE DO SOLO

Para pomares de alta produtividade é indispensável a adoção de 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 de acordo com os níveis de fertilidade do solo e da demanda da cultura, otimizando a eficiência de uso dos insumos. Assim, torna-se essencial a amostragem correta do solo e da planta e a escolha de um bom laboratório de análises. Cabe ainda ressaltar que, por melhor que seja a análise química, esta não pode corrigir falhas que porventura ocorram 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 aqueles referentes ao Sistema IAC de

Análise de Solo (RAIJ et al., 2001). O principal diferencial do Sistema IAC é a extração do fósforo (P) com a resina trocadora de íons, que foi ajustada às características dos solos brasileiros.

A eficiência da análise de solo depende da representatividade da amostra de solo em relação à área ou talhão a ser considerado. A amostragem de solo para citros é feita em glebas ou talhões homogêneos (até 10 ha) quanto a: cor e textura do solo, posição no relevo e manejo do pomar, idade das árvores, combinações de copa e porta-enxerto 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 (Ca) com ou sem excesso de alumínio (Al).

Para maior eficiência e representatividade da amostragem de solo, a coleta das subamostras deve ser feita com trados do tipo holandês, sonda ou similares. As ferramentas e recipientes utilizados na amostragem e embalagem de terra devem estar limpos e, principalmente, não conter resíduos de calcário ou fertilizante. A amostragem deve ser realizada alguns meses antes da implantação do pomar, percorrendo-se a área em zigue-zague para a coleta de 20 subamostras por gleba homogênea.

Deve-se evitar a amostragem de pontos próximos a cupinzeiros, formigueiros, casas, estradas, currais, dejetos de animais, depósitos de adubo ou calcário ou manchas no solo. Em cada ponto de subamostragem deve-se limpar os detritos e os restos de cultura da superfície do solo. Dentro de um balde ou recipiente limpo deve-se quebrar os torrões de terra, retirar pedras e outros resíduos, e a terra deve ser misturada e amostrada novamente. A amostra composta, com aproximadamente 300 g, deve ser identificada e enviada ao laboratório em saco plástico limpo ou embalagem apropriada de papel ou papelão.

Após o plantio, a amostragem deve ser feita anualmente, observando-se que em pomares não irrigados deve ser realizada na faixa de adubação dos anos anteriores, com a coleta também de 20 subamostras, alternando-se os pontos de tradagem cerca de 50 cm para dentro e fora do limite externo da projeção da copa no terreno. Para pomares fertirrigados, a coleta das subamostras deve ser feita em pontos distantes 30 a 50 cm da linha de gotejadores, por exemplo. A época mais apropriada para coleta é de fevereiro a abril, garantindo-se um intervalo mínimo de 60 dias após a última adubação.

Abreviações: CTC = capacidade de troca de cátions; NC = necessidade de calagem; PRNT = poder relativo de neutralização total; V = saturação por bases.

¹ Instituto Agronômico – Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Citros “Sylvio Moreira”, Cordeirópolis, SP, e-mail: ddm@iac.sp.gov.br; boaretto@iac.sp.gov.br

² Instituto Agronômico – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais, Campinas, SP, e-mail: quaggio@iac.sp.gov.br; cantarella@iac.sp.gov.br

Os padrões de fertilidade do solo foram definidos por meio de curvas de calibração, das análises de macro e de micronutrientes no solo, específicas para citros (Tabelas 1 e 2). Como recomendação geral, o citricultor deve procurar manter os solos dos pomares nas classes de teores médios, evitando, assim, deficiência ou excesso, pois ambos podem limitar a produtividade e a qualidade dos frutos cítricos.

Tabela 1. Interpretação de resultados da análise de solo para P, K, Mg e saturação por bases na camada arável do solo.

Classes de teores	P-resina	K	Mg	V
	(mg dm ⁻³)	--- (mmol _c dm ⁻³) ---	(%)	
Muito baixo	< 6	< 0,8	-	< 26
Baixo	6–12	0,8–1,5	0–4	26–50
Médio	13–30	1,6–3,0	5–9	51–70
Alto	> 30	> 3,0	> 9	> 70

Fonte: Adaptada de RAIJ et al. (1997).

Tabela 2. Interpretação de resultados da análise de solo para SO₄²⁻ e micronutrientes na camada arável do solo.

Classes de teores	S-SO ₄ ²⁻	B	Cu	Mn	Zn
----- (mg dm ⁻³) -----					
Baixo	< 10	< 0,6	< 2	< 3,0	< 2,0
Médio	10–20	0,6–1,0	2–5	3,0–6,0	2,0–5,0
Alto	> 20	> 1,0	> 5	> 6,0	> 5,0

Fonte: Adaptada de QUAGGIO et al. (2005).

2.2. Amostragem e análise química de folha

A análise química de plantas baseia-se nas relações existentes entre a taxa de crescimento e a concentração de nutrientes na matéria seca das plantas. As folhas, em geral, são o órgão que melhor representa o estado nutricional da planta. Dentro de certos limites, aumentos nas concentrações de nutrientes relacionam-se com maior crescimento ou produtividade.

A amostragem deve ser feita coletando-se a 3^a ou 4^a folha 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 a 4 cm de diâmetro. Recomenda-se amostrar pelo menos 25 árvores em áreas de no máximo 10 hectares, coletando-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 de papel e guardadas em geladeira, à temperatura aproximada de 5°C, até o envio para o laboratório, o que deve ocorrer em período inferior a dois dias após a coleta no campo.

A interpretação dos resultados 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 da folha sem que esta apresente sintomas de toxicidade, o que pode levar à interpretação errônea do estado nutricional. Estes nutrientes podem apenas estar aderidos à superfície da folha, embora não disponíveis para a planta.

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 ⁽¹⁾	< 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	< 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

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

3. RECOMENDAÇÕES DE CALAGEM E ADUBAÇÃO

As recomendações de calagem e adubação a seguir foram calibradas pelo método de análise de solo com resina trocadora de íons. Por esse motivo, caso a análise de solo tenha sido realizada por outro método, deve-se tomar alguns cuidados no uso desta recomendação, principalmente na interpretação da disponibilidade de P.

3.1. Calagem

A avaliação da acidez do solo para a recomendação de calagem para citros é feita por meio da determinação da acidez tam-pão (H + Al), da soma de bases (Ca + Mg + K) e da capacidade de troca catiônica (CTC) a pH 7,0 (QUAGGIO et al., 1985).

A necessidade de calcário é calculada para elevar a saturação por bases (V) a 70% na camada superficial do solo (0–20 cm de profundidade) (QUAGGIO et al., 1992). Este valor corresponde a pH próximo a 5,5 determinado em solução de CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹. Além de corrigir a acidez do solo, recomenda-se também o manejo da calagem para elevar e manter os níveis de Mg no solo em, pelo menos, 9 mmol_c dm⁻³. O cálculo da necessidade de calagem é feito com a seguinte fórmula:

$$NC = CTC (V_2 - V_1) / 10 PRNT, \text{ em que:}$$

NC = necessidade de calagem, em t ha⁻¹;

CTC = capacidade de troca de cátions, em mmol_c dm⁻³;

V₁ = saturação por bases atual do solo, da camada arável de 0–20 cm, em %;

V₂ = saturação por bases desejada para citros, que é igual a 70%;

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário.

Quando possível, recomenda-se optar pelo uso de calcário dolomítico (> 12% MgO), por este conter maior teor de Mg, pois o suprimento de Ca pela calagem é suficiente, independente do tipo de calcário utilizado.

3.1.1. Calagem no plantio

Antes da formação do pomar o calcário deverá ser aplicado em área total, com antecedência ao plantio das mudas, e incorporando o mais profundamente possível para elevar a saturação por bases (V) a 70%. Além da calagem em área total, recomenda-se a aplicação de uma quantidade adicional de calcário no sulco de plantio na dose de 0,5 kg m⁻² de sulco. Em solos de média a alta fertilidade é possível fazer o preparo do terreno em faixas, o que pode trazer economia na implantação do pomar.

3.1.2. Calagem em pomar em produção

O calcário deverá ser aplicado em área total, de abril a junho, 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, devido à acidificação do solo ser mais intensa nesta região com o uso deste manejo.

3.1.3. Manejo da acidez de subsuperfície

O uso do gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) na citricultura foi estudado no passado e os resultados não demonstraram efeitos positivos marcantes sobre a produção de frutos que justificassem seu amplo emprego como condicionador de solo (BOARETTO et al., 1996; QUAGGIO et al., 1998). Entretanto, observações de campo mais recentes vêm demonstrando efeitos benéficos no uso do gesso, principalmente na melhoria do ambiente radicular. Esses efeitos devem-se, provavelmente, ao aumento da disponibilidade de Ca nas camadas profundas de solos distróficos ou álicos e, consequentemente, maior absorção de N-NO₃⁻ pelas raízes em camadas mais profundas.

Em solos de baixa fertilidade e elevada acidez, principalmente na camada de 20–40 cm de profundidade, recomenda-se, na implantação do pomar, a aplicação de até 3 t ha⁻¹ de gesso na faixa de plantio, depois da incorporação do calcário.

3.2. Adubação

As recomendações de adubação N, P e K para os citros são distintas para: (1) plantio, (2) formação – árvores jovens com menos de 5 anos de idade e (3) produção – árvores adultas; neste último caso distinguem-se as doses de fertilizantes para os grupos de variedades de laranjas, lima ácida e limões, e tangerinas e tangor (QUAGGIO et al., 2005); ainda, para laranjas, as recomendações de adubação consideram a qualidade e o destino da fruta (indústria ou mercado *in natura*).

3.2.1. Adubação no 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 de reação alcalinizante no solo (como o superfosfato simples) e, se possível, contendo zinco (0,5% de Zn) em sua composição.

Recomenda-se a aplicação de 90 g de P₂O₅ por metro de sulco, independente do teor desse nutriente no solo, o que varia de 120 a 140 kg ha⁻¹ de P₂O₅, junto com o calcário no sulco de plantio (item 3.1.1), para posterior incorporação profunda com o auxílio de subsolador adaptado.

3.2.2. Adubação de formação (1-5 anos)

Durante a fase de formação do pomar, até o quinto ano, as doses de N, P₂O₅ e K₂O recomendadas levam em conta a idade do pomar e os resultados da análise de solo para P e K visando atender as necessidades de crescimento da copa e o início de produção de frutos. Ajustes nas doses recomendadas devem ser feitos considerando o porta-enxerto escolhido (Tabela 4).

As doses de N e K₂O devem ser parceladas de 3 a 6 vezes, entre setembro a março. Maiores números de parcelamentos são necessários nos primeiros anos após o plantio das mudas no campo. Opcionalmente, o P pode ser aplicado em dose única no primeiro parcelamento.

3.2.3. Adubação de produção

Na adubação para pomares em produção considera-se como critério de ajuste das doses de fertilizantes aplicadas, além da disponibilidade de nutrientes no solo, a produtividade esperada e o teor de N nas folhas, pois plantas em produção tem demanda extra de nutrientes para os frutos, além dos nutrientes necessários ao crescimento de folhas, ramos e raízes. Em média, os frutos cítricos colhidos exportam 1,2 a 1,9 kg t⁻¹ de N e K, cujas quantidades são bastante superiores às de P (0,18 kg t⁻¹), Ca (0,52 kg t⁻¹), Mg (0,10 kg t⁻¹), S (0,10 kg t⁻¹), B (1,9 x 10⁻³ kg t⁻¹), Cu (0,6 x 10⁻³ kg t⁻¹), Fe (3,4 x 10⁻³ kg t⁻¹), Mn (1,9 x 10⁻³ kg t⁻¹) e Zn (1,7 x 10⁻³ kg t⁻¹) (BATAGLIA et al., 1977; PARAMASIVAM et al., 2000; MATTOS JUNIOR et al., 2003c).

O teor de N foliar tem mostrado ser um bom indicador para ajustar as doses de N definidas conforme a produção estimada de frutos (Figura 1). A resposta à adubação nitrogenada para a produção de laranjas (QUAGGIO et al., 1998), tangerinas e tangor Murcott (MATTOS JUNIOR et al., 2004) é praticamente inexistente para teores foliares acima de 28 g N kg⁻¹. No caso de limões e lima ácida, o teor adequado de N nas folhas é menor e situa-se ao redor de 22 g N kg⁻¹ (QUAGGIO et al., 2002; MATTOS JUNIOR et al., 2003a).

Tabela 4. Recomendações de adubação para citros em formação, por idade e em função da análise do solo¹.

Idade	N	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	1,6-3,0	> 3,0
(Anos)	(g planta ⁻¹)	(P ₂ O ₅ , g planta ⁻¹)				(K ₂ O, g planta ⁻¹)			
0-1	100	0	0	0	0	40	20	0	0
1-2	220	160	100	50	20	120	90	50	0
2-3	300	200	140	70	30	200	150	100	60
3-4	400	300	210	100	50	400	300	200	100
4-5	500	400	280	140	70	500	400	300	150

¹ Para copas sobre tangerinas Cleópatra e Sunki aumentar a dose de P₂O₅ em 25%; para citrumelo Swingle aumentar a dose de K₂O em 20%.

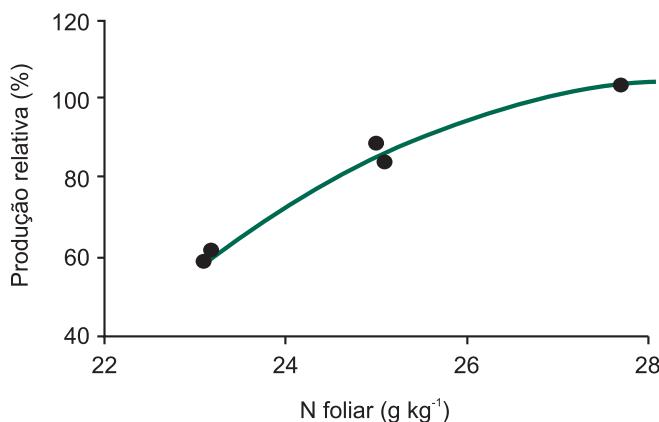


Figura 1. Superfície de resposta da produção de frutos em função dos teores foliares de N dos citros.

O ajuste da adubação nitrogenada com base na análise foliar é importante, pois a falta ou excesso de N interferem no tamanho e na qualidade dos frutos (QUAGGIO et al., 2006a). Por exemplo, altas doses de N tendem a aumentar o número de frutos na planta em detrimento do tamanho dos mesmos, 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 JUNIOR et al., 2004). 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 (ALVA et al., 2006; QUAGGIO et al., 2006a). Altos teores de K disponível no solo são freqüentes 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 N. 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 uréia, a fonte de N 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 N aplicado à superfície do solo como uréia (CANTARELLA et al., 2003; MATTOS JUNIOR et al., 2003b).

Trabalhos realizados no Brasil permitiram, pela primeira vez, fazer a calibração da análise de solo para P e K em citros, com base na extração dos elementos com resina trocadora de íons (Figura 2) (QUAGGIO et al., 1996, 1998). Os limites das faixas de interpretação de teores (muito baixo, baixo, médio e outros) para o K são semelhantes aos usados para as culturas anuais, mas para o P, o nível crítico para culturas perenes é mais baixo ($= 20 \text{ mg dm}^{-3}$).

Pomares deficientes em P crescem lentamente, as folhas velhas perdem o brilho, podem ter tamanho excessivo, coloração bronzeada e caem prematuramente. A adubação com P em citros vinha sendo negligenciada no Brasil em função de dados obtidos em outros países, que sugeriam que esta cultura era pouco responsável a esse elemento. Essa informação não levava em conta que em

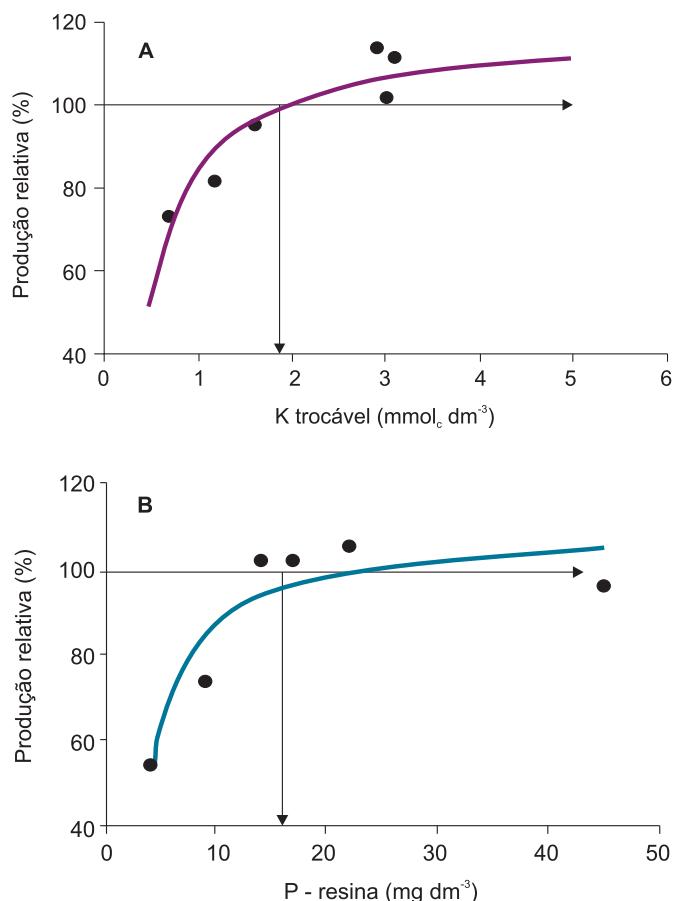


Figura 2. Curva de calibração para produção relativa dos citros em função dos teores de potássio trocável (A) e P-resina (B) no solo.

muitas regiões produtoras no exterior, os citros são cultivados em solos desenvolvidos a partir de sedimentos ricos em P (JACKSON et al., 1995) e que os solos do Brasil são, em geral, deficientes nesse nutriente (QUAGGIO, 1996).

Na citricultura, os fertilizantes são aplicados na superfície, sem incorporação. Nesse caso, devem-se utilizar fontes de P solúveis em água para aumentar a eficiência dos fertilizantes fosfatados. Por causa da baixa mobilidade de P no perfil do solo, é fundamental a aplicação de dose adequada de P, no sulco de plantio, durante a instalação do pomar. Em pomares já instalados, em solos pobres em P, a correção da deficiência é mais eficiente em dose única e com a incorporação do fertilizante após a aplicação.

A adubação para pomares em produção, além da disponibilidade de nutrientes no solo, leva em conta a produtividade esperada. Com base nesse conjunto de informações, foram estabelecidas recomendações de adubação N, P e K para os pomares em produção, para os grupos de variedades de laranjas, considerando a qualidade e o destino da fruta (indústria, Tabela 5; mercado *in natura*, Tabela 6), de lima ácida Tahiti e limões (Tabela 7) e tangerinas e tangor (Tabela 8).

A adubação deve ser feita no período das águas, pois a demanda por nutrientes pelos cítricos 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 e GOLDSCHMIDT, 1998).

O parcelamento das doses de N e K 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

Tabela 5. Recomendações de adubação para laranjas (indústria) em função das análises de solo e folhas e das classes de produção.

Classes de produção	N foliar (g kg^{-1})			P-resina (mg dm^{-3})				K-trocável ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)			
	< 23	23–27	> 27	< 5	6–12	13–30	> 30	< 0,7	0,8–1,5	1,6–3,0	> 3,0
(t ha^{-1})	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (kg ha^{-1})										
< 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

Tabela 6. Recomendações de adubação para laranjas (*in natura*) em função das análises de solo e folhas e das classes de produção.

Classes de produção	N foliar (g kg^{-1})			P-resina (mg dm^{-3})				K-trocável ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)			
	< 23	23–27	> 27	< 5	6–12	13–30	> 30	< 0,7	0,8–1,5	1,6–3,0	> 3,0
(t ha^{-1})	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

Tabela 7. Recomendações de adubação para lima ácida Tahiti e limões em função das análises de solo e folhas e das classes de produção.

Classes de produção	N foliar (g kg^{-1})			P-resina (mg dm^{-3})				K-trocável ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)			
	< 17	18–22	> 22	< 5	6–12	13–30	> 30	< 0,7	0,8–1,5	1,6–3,0	> 3,0
(t ha^{-1})	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (kg ha^{-1})										
< 20	100	80	60	70	50	30	0	120	100	60	0
21–30	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

Tabela 8. Recomendações de adubação para tangerinas e tangor Murcott em função das análises de solo e folhas e das classes de produção.

Classes de produção	N foliar (g kg^{-1})			P-resina (mg dm^{-3})				K-trocável ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)			
	< 23	23–27	> 27	< 5	6–12	13–30	> 30	< 0,7	0,8–1,5	1,6–3,0	> 3,0
(t ha^{-1})	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

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 N e K na época do florescimento e o restante dividir entre os meses de outubro e março do ano seguinte. Em variedades precoces, tais como Hamlin e Westin, é recomendado que o último parcelamento da adubação seja feito até fevereiro.

3.2.4. Fertirrigação

A fertirrigação é uma técnica que permite a aplicação de fertilizantes às plantas via água de irrigação. Nesse sistema é possível aumentar a frequência de parcelamento do fertilizante, ou seja, diminuir a dose por aplicação do fertilizante em associação com o aumento do número de aplicações.

Nas condições brasileiras, a fertirrigação ainda é uma prática recente, principalmente na citricultura, o que tem demandado estudo sobre várias questões no setor. As recomendações dessa 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.

Resultados de pesquisa em solos tropicais têm demonstrando que, na citricultura, a eficiência do fertilizante aumenta em até 25% com a fertirrigação, em comparação com a adubação sólida convencional (QUAGGIO et al., 2006b). Assim, em pomar fertirrigado por gotejamento, as doses de N e K aplicadas via fertirrigação podem ser reduzidas em até 20%, conforme as recomendações de adubação constantes nas Tabelas 5 a 8.

Na fertirrigação por gotejamento, os fertilizantes são aplicados de forma localizada, ocorrendo maior acidificação do solo na região do bulbo úmido. Ao contrário, na adubação convencional, os fertilizantes são aplicados em maior superfície, o que, consequentemente, diminui o potencial de acidificação. Em condições de solos tropicais, não se recomenda o uso de ácido fosfórico como fonte de P para as plantas; entretanto, pode-se fazer o uso deste apenas para a limpeza do sistema de fertirrigação. Devido ao custo mais elevado das fontes de P pouco acidificantes, a adubação com P pode ser feita da forma convencional (sólida), utilizando-se as recomendações das Tabelas 5 a 8.

3.2.5. Micronutrientes

Boro (B), zinco (Zn) e manganês (Mn) são os micronutrientes mais importantes para a produção dos citros, sendo, também, os que apresentam sintomas visuais de deficiência mais freqüentes (QUAGGIO et al., 2005; MATTOS JUNIOR et al., 2005). A deficiência de B 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 B (BROWN e SHELP, 1997). Plantas enxertadas em citrumelo Swingle são mais exigentes em B que aquelas enxertadas em limoeiro Cravo (BOARETTO et al., 2008). A deficiência de Zn é generalizada nos pomares brasileiros, principalmente na variedade Pêra (MOREIRA, 1960). Plantas cítricas com carência de Zn brotam pouco e apresentam enfolhamento velho e pouco vigoroso, com redução do crescimento da copa e da produção. Alguns porta-enxertos, como tangerina Cleópatra e Sunki, são mais exigentes em Zn e, portanto, necessitam de aplicações complementares desse nutriente, em relação ao limão Cravo. A deficiência de Mn também é comum em pomares cítricos, porém, somente em condições severas é que reduz a produtividade das plantas. Os sintomas são mais frequentes na variedade Pêra, principalmente em solos com calagem recente ou quando ocorre veranico durante o verão.

A deficiência de cobre (Cu) em citros vem se tornando relativamente comum, especialmente durante a fase de formação do pomar, uma vez que, neste período, praticamente não ocorrem pulverizações com fungicidas cúpricos – prática muito comum quando as plantas estão em produção –, não havendo, assim, fornecimento indireto de Cu (MATTOS JUNIOR et al., 2005).

A adubação foliar tem sido a forma mais utilizada para a aplicação de micronutrientes metálicos na citricultura, não somente pela menor quantidade de nutrientes necessária, mas também para se evitar a adsorção dos elementos metálicos aos colóides do solo, o que reduz a disponibilidade destes às plantas (CAMARGO, 1991).

Entretanto, os micronutrientes têm baixa mobilidade no floema, como é o caso do Mn, do Zn e do B (LABANAUSKAS et al., 1964; EMBLETON et al., 1965; BOARETTO et al., 2002, 2004). Isto mostra que as aplicações foliares devem ser feitas nos principais fluxos de vegetação (primavera e verão), quando as folhas são ainda jovens e tem 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 a maio, de Zn, Mn, Cu e B nas folhas. Pomares em produção devem receber, no período da chuva, trés a quatro pulverizações sempre que houver brotações novas na planta. As fontes de micronutrientes metálicos (Zn, Mn, Cu) mais recomendadas são os sais formados com os íons cloreto, sulfato e nitrato. Em aplicações foliares, a fonte de B mais recomendada é o ácido bórico, o qual é compatível com a maioria dos defensivos agrícolas.

A recomendação geral de adubação foliar para os citros consiste no uso de soluções destes sais, nas concentrações: Zn = 500 a 1.000 mg L⁻¹, Mn = 300 a 700 mg L⁻¹, B = 200 a 300 mg L⁻¹ e Cu = 600 a 1.000 mg L⁻¹, juntamente com uréia, a 5 g L⁻¹, como adjuvante. As quantidades dos produtos variam com o tipo de sal utilizado (cloreto, nitrato e sulfato). Quando as fontes de micronutrientes metálicos estiverem na forma de cloreto, usar sempre a menor concentração das faixas de teores recomendadas, para evitar queimadura nas folhas. As concentrações inferiores são recomendadas para 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 se evitar queimaduras das folhas e frutos.

A aplicação de B na citricultura deve ser feita preferencialmente via solo. Contudo, a adição do nutriente em misturas N-P-K geralmente traz problemas de segregação, devido à dificuldade de se obter uma fonte granulada eficiente de B; por outro lado, a adição de B em fertilizantes complexos, com os nutrientes no mesmo grânulo, 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 se aplicar B. Geralmente, a aplicação desses herbicidas é feita duas a três vezes ao ano, com volume de solução de 200 L ha⁻¹ de área tratada, na qual é possível dissolver a dose de 1 kg ha⁻¹ de B (6 kg ha⁻¹ de ácido bórico). Recomenda-se a aplicação anual de 2 kg ha⁻¹ de B, independente da idade do pomar. Quando o porto-enxerto utilizado for o citrumelo ‘Swingle’, mais exigente em B, deve-se aumentar a dose para 3 kg ha⁻¹ de B por ano.

4. DESORDENS NUTRICIONAIS: DIAGNÓSTICO VISUAL

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.

Normalmente, quando o problema é agudo, os sintomas dessas desordens são visíveis nas folhas e, nesta fase, o desenvolvimento e a produtividade são severamente afetados. Embora característicos, os sintomas 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 Figuras 3 a 9.



Figura 3. Planta de laranja com sintoma de deficiência de nitrogênio. As folhas, especialmente as mais velhas, apresentam coloração verde-pálida.

Crédito da foto: José Antônio Quaggio.



Figura 6. Árvore com deficiência de boro recuperada com aplicação do elemento 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.

Crédito da foto: José Antônio Quaggio.



Figura 4. Sintoma de deficiência de fósforo. As folhas mais velhas apresentam aspecto amarelado ou bronzeado, a árvore tende a perder as folhas e adquire um aspecto pouco vigoroso e uma certa “transparência”. Nos frutos, a columela tende a se tornar aberta.

Crédito da foto: José Antônio Quaggio.



Figura 7. Sintoma de fitotoxicidade de boro em planta adulta: detalhe de ramo com fruto.

Crédito da foto: José Antônio Quaggio.



Figura 5. Sintoma de deficiência de magnésio em folhas de citros. A clorose intererval aparece nas folhas velhas.

Crédito da foto: Dirceu Mattos Junior.



Figura 8. Sintoma de deficiência de zinco em citros. As folhas novas apresentam clorose intererval, crescimento reduzido e aspecto lanceolado.

Crédito da foto: Dirceu Mattos Junior.



Figura 9. Sintoma de deficiência de manganês em citros. As folhas apresentam clorose internerval mas têm tamanho normal.

Crédito da foto: Dirceu Mattos Junior.

4. REFERÊNCIAS

- ALVA, A. K.; MATTOS JUNIOR, D.; PARAMASIVAM, S.; PATIL, B.; DOU, H.; SJAWAN, K. S. Potassium management for optimizing citrus production and quality. *International Journal of Fruit Science*, Binghamton, v. 6, n. 1, p. 3-43, 2006.
- 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*, v. 36, 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*, v. 25, 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 concentrations and ^{65}Zn mobilization within the plant. *Acta Horticulturae*, v. 594, p. 203-209, 2002.
- BOARETTO, A. E.; MURAOKA, T.; RÊGO, I. C. Calagem e gessagem em citricultura. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS: nutrição, 4., 1996. Bebedouro. *Anais...* Campinas: Fundação Cargill, 1996. p. 115-130.
- 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*, v. 39, p. 2501-2514, 2008.
- BROWN, P.; SHELP, B. J. Boron mobility in plants. *Plant and Soil*, v. 193, p. 85-101, 1997.
- BUSTAN, A.; GOLDSCHMIDT, E. E. Estimating the cost of flowering in a grapefruit tree. *Plant Cell and Environment*, v. 21, p. 217-224, 1998.
- CAMARGO, O. A. Reações e interações de micronutrientes no solo. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. (Eds.). *Micronutrientes na agricultura*. Piracicaba: POTAPOS/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 in Agroecosystems*, v. 67, p. 1-9, 2003.
- 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*, v. 86, p. 253-259, 1965.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. *Faostat - statistical databases*. Disponível em: <<http://apps.www.fao.org>>. Acesso em: 14 de março de 2009.
- 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. (Eds.). *Nutrition of Florida Citrus Trees*. Gainesville: Univ. 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*, v. 82, p. 143-153, 1964.
- MATTOS JUNIOR, D.; BATAGLIA, O. C.; QUAGGIO, J. A. Nutrição dos citros. In: MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. (Eds.). *Citros*. Campinas, São Paulo: Instituto Agronômico e FUNDAF, 2005. p. 197-219.
- MATTOS JUNIOR, D.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; CARVALHO, S. A. Modelos de resposta do tangor Murcott à fertilização com N, P e K. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 26, p. 164-167, 2004.
- MATTOS JUNIOR, D.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H. Manejo da fertilidade do solo. In: MATTOS JUNIOR, D.; De NEGRI, D.; FIGUEIREDO, J. O. *Lima ácida Thaiti*. Campinas: Instituto Agronômico, 2003a. p. 67-80.
- MATTOS JUNIOR, D.; ALVA, A. K.; PARAMASIVAM, S.; GRAETZ, D. A. Nitrogen mineralization and volatilization in sandy Entisol under citrus trees. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 54, p. 1803-1824, 2003b.
- MATTOS JUNIOR, 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, 2003c.
- MOREIRA, S. Um novo problema para nossa citricultura. *Revista de Agricultura*, v. 35, p. 77-82, 1960.
- PARAMASIVAM, S.; ALVA, A. K.; HOSTLER, K.; EASTERWOOD, G. W.; SOUTHWELL, J. S. Fruit nutrient accumulation of four orange varieties during fruit development. *Journal of Plant Nutrition*, v. 23, n. 3, p. 313-327, 2000.
- QUAGGIO, J. A. Análise de solo para citros: métodos e critérios para interpretação. In: DONADIO, L. C.; BAUMGARTNER, J. G. (Coords.). SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS – NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO, 4., Bebedouro, 1996. Campinas: Fundação Cargill, 1996. p. 95-114.
- 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*, v. 61, n. 5, p. 1-10, 2006a.
- 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 - FERTBIO, 27., 2006, Bonito, MS. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006b. CD-ROM.
- 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. (Eds.). *Citros*. Campinas: 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*, v. 96, p. 151-162, 2002.
- 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.; CANTARELLA, H.; MATTOS Jr., D. Soil testing and leaf analysis in Brazil - recent developments. *Proceedings of the International Society of Citriculture*, v. 2, p. 1269-1275, 1996.
- QUAGGIO, J. A.; TEÓFILO SOBRINHO, J.; DECHEN, A. R. Response to liming of 'Valencia' orange tree on Rangpur lime: effects of soil acidity on plant growth and yield. *Proceedings of the International Society of Citriculture*, v. 2, p. 628-632, 1992.
- QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. van; MALAVOLTA, E. Alternative use of the SMP-buffer solution to determine lime requirements of soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 16, p. 245-260, 1985.
- RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (Eds.). *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285 p.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. *Recomendações de adubação e calagem no Estado de São Paulo*. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1997. 300 p. (Boletim 100).