

MANEJO DA FERTILIDADE DO SOLO EM POMARES DE FRUTÍFERAS

Danilo Eduardo Rozane¹

Gustavo Brunetto²

William Natale³

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o agronegócio é o setor mais relevante da economia, responsável por cerca de 24% do PIB nacional. Deste valor, a produção agrícola detém 70% de toda a arrecadação, sendo umas das grandes atividades responsáveis pela manutenção do saldo positivo da balança comercial do País. Anualmente, a fruticultura participa com aproximadamente US\$ 10 bilhões gerados como valor bruto inserido na produção agrícola.

Em vista disso, não é exagero afirmar que o Brasil tem vocação agropecuária, e que mais de um terço da riqueza produzida anualmente no País está apoiada em um só recurso natural: o solo. Desse modo, não é difícil justificar, também, a importância dos estudos relativos a esse bem maior do País. Porém, de acordo com Parent e Gagné (2010), os solos possuem limites naturais para nutrir as plantas e sustentar a produtividade vegetal. A degradação da qualidade dos solos reduz essa capacidade, ao mesmo tempo que deteriora a qualidade da água para os mais diversos usos. É inadmissível, nos dias de hoje, acreditar que o emprego de qualquer tecnologia agrícola possa compensar uma gestão inadequada dos solos.

A fruticultura brasileira é uma das mais diversificadas do mundo. Com produção de aproximadamente 41 milhões de toneladas anuais e área plantada de mais de 2,3 milhões de hectares, o Brasil ocupa a terceira posição no *ranking* mundial dos maiores produtores de frutas, atrás apenas da Índia e da China. A despeito dessa posição de destaque, os rendimentos das frutíferas permanecem insatisfatórios, quando comparados aos de países nos quais a atividade tem tradição. Dentre os vários fatores que contribuem para esse quadro pode-se salientar o mau uso das técnicas de manejo do solo, da planta e do ambiente.

Nas últimas décadas, em função do melhoramento genético, as frutíferas passaram a produzir mais e com qualidade superior, porém, a exigência e a exportação em nutrientes, como esperado, também aumentou. Por outro lado, os solos brasileiros são naturalmente ácidos e pobres em termos de fertilidade e/ou têm sido

submetidos à constante exploração, conduzindo-os à exaustão. A acidez do solo, associada à insuficiência do adequado balanço de nutrientes, é o fator que mais interfere na produtividade agrícola, especialmente nas regiões tropicais do globo. A aplicação de corretivos e fertilizantes em culturas anuais é prática conhecida e tem sido empregada pelos agricultores; entretanto, em culturas perenes como as frutíferas, deve-se considerar que a incorporação do calcário e a aplicação de alguns fertilizantes requerem maior cuidado, devido às características desse grupo de plantas e à carência de informações científicas sobre o assunto. As plantas frutíferas, assim como todas as perenes, permanecem longos períodos explorando praticamente o mesmo volume de solo, abrangendo camadas que não se consegue avaliar satisfatoriamente.

Apesar da indiscutível importância para a maioria das espécies frutíferas, são escassos os critérios técnicos estabelecidos pela pesquisa científica sobre o adequado manejo de nutrientes, em especial quando se considera que a definição das melhores práticas para cada região específica deve ser realizada segundo as condições e estudos locais.

Sem a pretensão de esgotar o assunto, será abordado o estado da arte da tecnologia para o manejo da fertilidade do solo em pomares de frutíferas, objetivando a produtividade, mas, sobretudo, a qualidade do produto colhido. Pretende-se, assim, colaborar para a ampliação e a consolidação do atual arranjo produtivo da fruticultura, dirimindo dúvidas, consolidando conceitos e ampliando o debate sobre o assunto, a fim de que haja benefícios na sustentabilidade da atividade e, em consequência, lucro para os fruticultores.

2. ACIDEZ E ADUBAÇÃO EM POMARES DE FRUTÍFERAS

O solo, local do qual o homem retira seu sustento desde o início da civilização, requer manejo adequado para manter esse papel fundamental na manutenção da vida no mundo.

Dentre os fatores ambientais do solo, os ligados à acidez (pH, saturação por bases, acidez potencial e solubilidade de nutrientes), são os que mais interferem na produtividade agrícola, especialmente nas regiões tropicais (SANCHES; SALINAS, 1983).

Abreviações: Al = alumínio; Ca = cálcio; CTC = capacidade de troca de cátions; K = potássio; m% = saturação por alumínio; Mg = magnésio; Mn = manganês; P = fósforo; RS = Rio Grande do Sul; S = enxofre; SC = Santa Catarina; SB = soma de bases.

¹ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia, Professor na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Câmpus de Registro, e no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Registro, SP, email: danielorozane@registro.unesp.br

² Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciência do Solo, Professor no Departamento de Solos e no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS; e-mail: brunetto.gustavo@gmail.com

³ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia, Professor Visitante na Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, CE; e-mail: natale@ufc.br

De acordo com Malavolta (2006), a baixa fertilidade encontrada nos solos ácidos está associada, em grande parte, à pobreza em bases trocáveis e ao excesso de alumínio (Al) e manganês (Mn). Além disso, o uso constante de fertilizantes que acidificam o solo agrava o problema, se um programa bem planejado de calagem não for implementado.

Há solos naturalmente ácidos, devido à pobreza em cátions básicos do material de origem ou a processos que favoreceram as perdas de elementos como potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (MELLO, 1994), e outros que se tornam ácidos por adubações e cultivos sucessivos. Em qualquer caso, o processo de acidificação tem início ou se acentua com a remoção de cátions trocáveis da superfície dos coloides, por meio de: a) água da chuva; b) decomposição de minerais de argila; c) troca iônica nas raízes; d) decomposição da matéria orgânica; e) adição de fertilizantes nitrogenados.

A calagem é uma prática reconhecidamente benéfica em condições de solo ácido, porém, nem sempre é realizada, ou é feita de modo inadequado e, portanto, ineficaz. A aplicação de calcário promove a elevação do pH, a neutralização do Al tóxico, fornece Ca e Mg e propicia maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas, melhorando a eficiência de uso dos nutrientes e da água que estão no solo (ERNANI, 2008). Nos solos das regiões tropicais, a reação ácida e a pobreza em cátions básicos, como o Ca, é uma constante. Nessas condições, a aplicação de calcário é o meio mais barato, rápido e eficiente para sanar ambos os problemas (RAIJ, 2011).

Em função de sua abundância e qualidade, pode-se considerar que o calcário é um insumo agrícola relativamente barato. Entretanto, apesar do binômio “abundância de rocha calcária” x “necessidade de calagem”, a interação entre esses dois fatores não ocorre na proporção que deveria, havendo grande déficit no emprego desse insumo na maioria das áreas agrícolas do Brasil (MALAVOLTA, 2006).

A aplicação de corretivos da acidez em culturas anuais, com incorporação homogênea ao solo, é comumente realizada pelos agricultores, ainda que não praticada com a regularidade e/ou quantidade recomendadas. Por outro lado, em culturas perenes, a incorporação de corretivos da acidez é mais complexa, devido às características intrínsecas dessas plantas e à falta de informações científicas e tecnológicas específicas (QUAGGIO, 2000). É o que ocorre, por exemplo, na maioria dos pomares de frutas no Brasil.

Em solos ácidos, com elevada saturação por Al, a calagem promove a neutralização do Al tóxico nas camadas superficiais, possibilitando a proliferação intensa de raízes, com reflexos positivos no crescimento das plantas. Contudo, é importante lembrar que é preciso incorporar muito bem o calcário na implantação de culturas perenes (Figura 1), já que aplicações superficiais atuam lentamente nas camadas mais profundas, e um solo mal corrigido no início comprometerá a produtividade por muito tempo (RAIJ et al., 1997). A incorporação homogênea do calcário permite maior contato entre o corretivo e as fontes de acidez, resultando em efeito mais rápido, o que pode garantir o eficiente aproveitamento da água e dos nutrientes contidos na camada corrigida.

As raízes se desenvolvem em coordenação com o vigor global de toda a planta e dependem do ambiente do solo. Por sua vez, o maior ou menor êxito da aplicação de calcário e fertilizantes depende da natureza do sistema radicular e do volume de solo efetivamente explorado pela cultura. Assim, corrigir a acidez do solo é o modo mais eficiente de eliminar as barreiras químicas ao pleno desenvolvimento das raízes e, em consequência, da planta.



Figura 1. O calcário deve ser muito bem incorporado ao solo (camada de 0-20 cm) na implantação do pomar de frutíferas.

Diferentemente de outros insumos agrícolas, como fertilizantes, herbicidas e inseticidas, o calcário pode ser considerado um investimento, visto que seus benefícios perduram por mais de uma safra. Isso ocorre devido à baixa solubilidade dos materiais corretivos comuns e pela variabilidade das partículas que compõem os calcários, o que lhes confere diferentes capacidades de neutralizar a acidez ao longo do tempo. Nesse sentido, Natale et al. (2010, 2011) abordaram, em suas pesquisas, a viabilidade econômica do uso de calcário em pomares de frutíferas e a dose economicamente viável.

Desse modo, na calagem dos pomares, dois fatores devem ser considerados: a rapidez com que a acidez é corrigida e o tempo de duração do efeito da calagem. As partículas mais finas promovem rápida correção da acidez e as partículas mais grosseiras, de solubilização mais lenta, perduram esse efeito. Pode-se inferir, pois, que o calcário mais eficiente é aquele que promove a mais rápida correção da acidez e que tem o maior efeito residual. Essa eficiência é obtida quando um material calcário é composto por partículas de vários tamanhos.

Em razão do efeito residual dos calcários, um material aplicado ao solo na implantação de um pomar de frutíferas pode manter a acidez dentro de limites aceitáveis pelas plantas por certo período de tempo.

Determinar qual o efeito residual da calagem no momento da implantação do pomar é assunto muito pouco estudado, seja pelas dificuldades experimentais, seja pelo tempo necessário para alcançar resultados satisfatórios, o que explica a escassez de pesquisas sobre essa prática agrícola em plantas frutíferas (NATALE et al., 2007a,b; NATALE et al., 2010). Assim, pode-se justificar o uso de calcários mais grosseiros na implantação dos pomares de frutas, com incorporação homogênea ao solo, para que o efeito residual se prolongue pelo maior tempo possível. Por outro lado, nos pomares adultos, deve-se aplicar o corretivo com a granulometria mais fina possível, em superfície, visto que a incorporação dos materiais corretivos ao solo pode trazer problemas fitossanitários às plantas. Desse modo, materiais constituídos de partículas mais finas podem caminhar mais facilmente no perfil do solo, corrigindo a acidez das camadas subsuperficiais.

Considerando a perenidade e as condições de cultivo das frutíferas, o deslocamento das partículas de calcário no solo pode ocorrer também com a ajuda de outros fatores como, por exemplo, através dos canais deixados pela decomposição de raízes – uma contribuição

de natureza física (PEARSON; ABRUNA; VICE-CHANCES, 1962). Segundo Harter e Naidu (1995) e Aoyama (1996), outra explicação para o deslocamento das partículas no perfil seria a formação de pares entre bases (Ca^{2+} e Mg^{2+}) e ácidos orgânicos (RO^- e RCOO^-) de alta solubilidade e baixa massa molecular, que permitiria o carreamento desses pares para camadas mais profundas. Além desses, pode haver formação de outros compostos, como $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ e $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, de acordo com as pesquisas de Oliveira e Pavan (1996). A adubação nitrogenada, por sua vez, pode promover a formação de sais solúveis, como o nitrato de Ca, que percola pelo movimento descendente da água no perfil do solo (BLEVINS; THOMAS; CORNELUIS, 1997). Segundo Natale et al. (2007b), é provável que a soma das contribuições de todos os processos seja mais importante do que cada um deles individualmente. É importante destacar que o caminhar das partículas depende da dose de corretivo empregada, do tempo decorrido após a aplicação, do tipo de solo e da adubação do pomar.

Deve-se salientar, ainda, que as frutíferas exigem quantidades consideráveis de nutrientes, comparativamente às culturas anuais, as quais só são passíveis de serem supridas por meio da adubação. Além de afetar a produtividade, os nutrientes têm participação decisiva nos aspectos qualitativos dos frutos, como tamanho, peso, cor, aparência, sabor, aroma, conservação pós-colheita, resistência a pragas e doenças, entre outros. Porém, o que tem sido constatado é que o apelo à saúde e ao bem estar das pessoas, ou seja, de que as frutas são alimentos saudáveis, não é suficiente. É preciso oferecer mais conveniência e, fundamentalmente, sabor, que é o fator-chave para que se tenha prazer de comer (IBRAF, 2012). Novas cultivares e tecnologias de manejo dos pomares, incluindo a nutrição das frutíferas, em regiões que têm vocação para o cultivo da espécie, deverão responder por esses avanços.

A fertilização é considerada, de modo geral, como um dos fatores essenciais para a melhoria da produtividade e da qualidade dos produtos colhidos, especialmente nas áreas tropicais, nas quais a prática ainda é subutilizada. Porém, não é mais razoável, nos dias de hoje, com a rápida elevação dos custos de energia e das matérias-primas, pecar pelo excesso, sobretudo nos países em desenvolvimento, como o Brasil, nos quais os adubos são importados em larga escala. Em 2015, o consumo de fertilizantes no País ultrapassou 30 milhões de toneladas, das quais apenas 9 milhões foram produzidas no Brasil. A matéria-prima necessária para cerca de 60% do nitrogênio, 50% do fósforo e 90% do potássio utilizadas na fabricação de fertilizantes no Brasil vieram de outros países (ANDA, 2016).

Tilman et al. (2002) enfatizam que os fertilizantes são fundamentais para o aumento da produção mundial de alimentos, afirmando que o acréscimo de rendimentos nas terras agrícolas existentes é essencial para “economizar terras para a natureza”. Assim, a preservação da vida humana depende da produção de alimentos e tem relação direta com a conservação do ecossistema solo.

A fertilidade do solo tem relação direta com a nutrição mineral das plantas. Os vegetais extraem do solo os elementos necessários para suprir suas exigências nutricionais e manifestar todo o seu potencial genético em termos de produção e qualidade. Porém, há grande variação na capacidade que os solos têm de prover nutrientes. A maioria dos solos, em especial aqueles da região tropical, não consegue fornecer as quantidades necessárias de todos os nutrientes exigidos pelas frutíferas. Assim, as análises químicas de solo e de planta são fundamentais para se antecipar as recomendações de fertilizantes e/ou corretivos. É importante destacar que as técnicas de diagnóstico (solo e planta) não se excluem mutuamente, mas são complementares.

A escolha de um método químico adequado para a determinação da forma disponível dos nutrientes é essencial nas análises de solo. No Brasil, as várias instituições de pesquisa ou mesmo os Estados da Federação utilizam diferentes métodos químicos para a extração de nutrientes do solo. Isso implica que, para a correta interpretação dos resultados, os referenciais devem ser, também, diferentes. Assim, do ponto de vista prático, não é recomendável realizar a análise de solo em um estado e utilizar as tabelas de interpretação de resultados de outro estado, a menos que a metodologia de análise seja a mesma.

3. CRITÉRIOS DE PREDIÇÃO DA CALAGEM E ADUBAÇÃO

Definir as exigências nutricionais das culturas não é tarefa fácil, mesmo tendo em conta que os elementos essenciais para a adequada nutrição mineral são os mesmos para todos os vegetais. Além disso, as quantidades necessárias, bem como a época de fornecimento, são bastante variáveis de uma cultura para outra, pois dependem de características da espécie, das condições do solo e do clima, do nível tecnológico do fruticultor, do ciclo da planta, etc.

As bases teóricas da adubação, visando produções economicamente viáveis, são bem simples. A quantidade de nutrientes a ser oferecida por meio dos fertilizantes é igual à diferença entre o que é exigido pela cultura e o que o solo tem capacidade de fornecer. O princípio é aparentemente simples, mas os problemas práticos encontrados para atender as exigências das culturas são complexos. Para obter rendimento elevado é necessário determinar não apenas as necessidades nutricionais das plantas em elementos essenciais, mas também sua disponibilidade no solo. Além disso, deve-se considerar que apenas parte dos nutrientes fornecidos via fertilizantes é aproveitada pela cultura, devido à dinâmica dos elementos no solo, especialmente nas regiões tropicais.

3.1. Amostragem do solo

Cerca de 70% dos solos cultivados no Brasil apresentam alguma limitação séria de fertilidade e normalmente têm caráter ácido. Isso se deve, especialmente, ao processo de desgaste a que os mesmos foram submetidos durante o período de formação. Essa é, pois, uma das principais razões para a utilização da calagem e adubação nas áreas exploradas pela agricultura. Outro aspecto que precisa ser considerado é que, devido à dimensão do País, as características de clima e de solo são muito variadas, o que implica em tratamento diferenciado dos pomares instalados em cada região.

É importante ressaltar, ainda, que solos diferentes têm necessidades nutricionais diferentes, bem como as plantas, que, por sua vez, têm exigências nutricionais bastante diferentes umas das outras. Assim, a única maneira segura de identificar qual o corretivo de acidez ou o adubo a ser utilizado em determinada localidade é por meio da análise de solo.

A análise química é a forma mais fácil e prática de se avaliar a fertilidade do solo, e a amostragem é uma das suas etapas mais críticas, podendo comprometer todo o processo quando mal realizada. A amostragem do solo em culturas anuais é prática comum entre os produtores rurais. Em culturas perenes, como os pomares de frutas, é uma questão pouco estudada, e que suscita muitas dúvidas quanto aos procedimentos a serem adotados. As indicações existentes recomendam amostrar a área que recebe os adubos, entretanto, alguns trabalhos têm mostrado melhor correlação entre os teores foliares das frutíferas e aqueles determinados no solo da entrelinha dos pomares (NATALE et al., 2007b; NATALE et al., 2008). Porém, se forem retiradas amostras na área adubada e na entrelinha do

pomar, qual análise seguir? Como interpretar ou correlacionar os resultados? E a profundidade de retirada da amostra?

Na implantação dos pomares de frutas, o procedimento de amostragem do solo é o mesmo utilizado para as culturas anuais, ou seja, amostrar todo o talhão de forma representativa. Nos pomares em produção, é importante amostrar a região da projeção da copa das plantas (Figura 2), área que normalmente recebe os fertilizantes. Deve-se coletar as amostras no final da safra – 20 pontos em cada talhão homogêneo. Ao mesmo tempo, deve-se realizar a amostragem das entrelinhas dos pomares (Figura 3), especialmente para a correção da acidez, quando necessário. As amostras das linhas e das entrelinhas devem ser encaminhadas separadamente para análise e seus resultados interpretados separadamente, o que resulta em recomendações distintas para a linha e a entrelinha.



Figura 2. Amostragem de solo em pomar de banana ‘Prata’ e de uva ‘Niágara Rosada’.

É oportuno esclarecer que o termo ‘talhão’ indica uma unidade de área estabelecida pelo fruticultor que, em regra, apresenta as mesmas características de solo, paisagem e histórico de adubação. É inútil, porém, individualizar as análises em vários talhões se o produtor tem a intenção de tratá-los de maneira uniforme. Entretanto, é importante que o resultado da amostra seja tão próximo quanto possível da média da área total.

A prática agrícola tem mostrado que a acidificação ocorre mais fortemente na projeção da copa das árvores, devido à intensa frequência de aplicação de adubos, em especial os nitrogenados, e resíduos orgânicos e ao acúmulo de material vegetal resultante das podas. Como consequência, via de regra, realiza-se a aplicação de calcário mais frequentemente na projeção da copa, em faixas, do que na entrelinha do pomar.

A camada de solo geralmente amostrada é a superficial, ou seja, na faixa de 0-20 cm. Entretanto, as plantas frutíferas exploram um volume de solo bem maior, sendo importante conhecer as condições da camada subsuperficial, em especial com relação às concentrações de cálcio e alumínio. Isso permite realizar a gessagem, que além de aumentar a relação Ca:Al, neutraliza o Al tóxico e promove aumentos na concentração de Ca e enxofre (S) em profundidade, visto a maior mobilidade do gesso se comparado ao calcário. A presença de Ca e a eliminação do Al-tóxico são fundamentais para a proliferação do sistema radicular e a exploração do solo em profundidade.



Figura 3. Amostragem de solo na linha (A) e na entrelinha (B) de pomar de maçã ‘Eva Rubi’.

O gesso pouco afeta o pH do solo, não mais do que 0,3 unidades, mesmo quando aplicado em doses elevadas, pois sua reação no solo não libera íons oxidrila ou carbonato (MEURER, 2006). É necessário destacar que os ânions SO_4^{2-} favorecem a descida/percolação dos cátions no perfil, como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ .

A gessagem só deve ser praticada sob condições particulares, como, por exemplo, as definidas para o estado de São Paulo: quando a análise de solo da camada de 20-40 cm revelar concentrações de cálcio inferiores a $4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e de Al^{3+} superiores a $5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e/ou saturação por alumínio (m%) acima de 40%.

Uma alternativa à prática da gessagem é o emprego de superfosfato simples na adubação. Isso porque essa fonte de fósforo contém em sua composição cerca de 60% de gesso, fornecendo cálcio e neutralizando o alumínio tóxico do solo.

3.2. Amostragem de folhas

A análise de solo é uma ferramenta consagrada na agricultura, porém, para a maioria das frutíferas, além de se conhecer a fertilidade do solo há necessidade de se realizar a análise foliar, em virtude da perenidade das plantas (MARSCHNER, 1995).

A fruticultura é uma atividade de longo prazo, na qual as plantas permanecem explorando praticamente o mesmo volume de solo por vários anos. Nessa situação, podem ocorrer impedimentos químicos (acidez) ou físicos (compactação do solo) que diminuem a eficiência das raízes na exploração do solo. Assim, a única maneira de saber se a planta está aproveitando os nutrientes aplicados (via fertilizante ou calcário), é fazendo um diagnóstico do estado nutricional, por meio da análise foliar.

A escolha da folha, como a parte da planta a ser analisada, repousa no fato de que esse é o órgão-chave na produção de matéria viva vegetal, responsável pela assimilação do carbono. Uma folha bem definida para a amostragem é a parte da planta mais adequada para expressar com sensibilidade a presença de nutrientes e, em consequência, a capacidade produtiva da planta. A Figura 4 mostra a folha diagnóstica (3º par de folhas) utilizada para a avaliação do estado nutricional em goiabeira.

Considerando que as frutíferas adquirem certa estabilidade nutricional na fase adulta, a diagnose foliar permite ajustes nos programas de adubação em tempo de não comprometer a safra do pomar no mesmo ano. Esse é um método preciso para se acompanhar, juntamente com a análise de solo, os efeitos da calagem e da adubação.

No caso da diagnose do estado nutricional, a amostragem das folhas também é a etapa mais importante e aquela na qual os erros são mais frequentes. Para cada cultura existe uma forma correta de amostragem, e os manuais de recomendação de calagem e adubação contemplam capítulos específicos sobre o tema, a exemplo de Raij et al. (1997), Andrade (2004), Brunetto et al. (2016) e Pauletti e Motta (2017). Contudo, para fins práticos, sugere-se que a indicação de amostragem deva incluir, para cada cultura, os seguintes detalhes:

- Órgão a amostrar: folha, folha + pecíolo, pecíolo, flor, etc.;
- Época de amostragem: estágio fisiológico da folha a ser amostrada (Figura 5). Assim, frutíferas que têm uma safra em menos de um ano civil podem ser avaliadas no mesmo estágio fisiológico em todas as safras;
- Local de amostragem: parte da planta (inferior e/ou mediana e/ou superior), altura do solo, posição da planta no pomar (leste, oeste, norte, sul);
- Quanto amostrar: número de folhas por planta e número de plantas por talhão homogêneo.

A amostragem deve obedecer, ainda, diversos aspectos relevantes:

- Garantir a aleatoriedade em área homogênea. Assim, a coleta das amostras deve ser realizada em zig-zag dentro dos limites dos talhões;

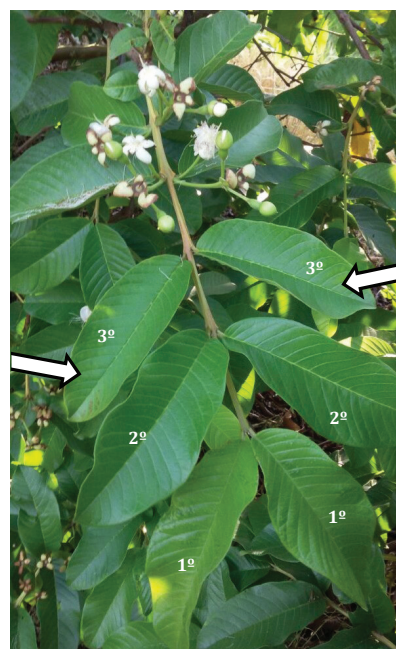


Figura 4. Ramo de goiabeira 'Paluma' em florescimento. As setas indicam o terceiro par de folhas, recomendado para coleta na avaliação do estado nutricional.



Figura 5. Pomar de manga 'Palmer' em pleno florescimento – estado fisiológico adequado para a coleta da folha diagnóstica.

- Não amostrar folhas cujo pomar tenha recebido adubação foliar ou defensivos contendo micronutrientes. Se necessário, respeitar o período mínimo e informar o laboratório quando enviar a amostra;
- Não realizar a amostragem após períodos intensos de chuva ou seca prolongada.

Após a coleta, as folhas devem ser encaminhadas imediatamente ao laboratório onde serão lavadas, secas, moídas e submetidas à análise. O passo seguinte é a interpretação dos resultados, baseada em pesquisas realizadas em condições de campo, em pomares de alta produtividade.

3.3. Análise de frutos

A análise de frutos pode ser utilizada para determinar a concentração de nutrientes em pré e pós-colheita. A concentração de nutrientes (como N, P, K, Ca, entre outros) ou as suas relações (como N/Ca, K/Ca, etc.) podem ser indicativas de incidência de doenças (podridões) e distúrbios fisiológicos durante a conservação dos frutos na frigo-conservação ou mesmo em prateleiras, nos locais de comercialização. Os distúrbios fisiológicos são alterações parasitárias que modificam o metabolismo normal do fruto durante a maturação ou senescência, dando origem a frutos com aparência e sabor anormais (CANTILANO; GIRARDI, 2004). Assim, no caso dos frutos comercializados *in natura*, a análise nutricional pode auxiliar na tomada de decisão quanto à comercialização imediata ou ao armazenamento dos frutos (NACHTIGALL; BASSO; FREIRE, 2004; GIRARDI; NACHTIGALL; PARUSSOLO, 2004). No caso de frutos que podem ser processados, como a uva, a análise de nutrientes pode contribuir na predição da parada de fermentação do mosto durante a vinificação ou mesmo na formação de bitartarato de K no vinho – processos que podem depreciar sua qualidade (BRUNETTO et al., 2015b).

Em frutos consumidos *in natura*, a incidência de distúrbios fisiológicos está bastante relacionada a fatores como: colheita antecipada, deficiência hídrica e excesso de N no solo. O excesso de N, resultado de adubações excessivas, provoca, por consequência, excesso de N no interior da planta, o qual estimula o aumento do diâmetro dos frutos, diluindo a concentração de Ca na casca e na polpa. Com isso, espera-se maior incidência de distúrbios fisiológicos, como, por exemplo, *bitter pit*, *cork spot* e depressão lenticelar em frutos de maçã. Isso ocorre porque o Ca, além de participar de inúmeras funções celulares, preserva a integridade e a estabilidade da membrana citoplasmática, conferindo resistência à parede celular pela ação dos pectatos de Ca na lamela média (BRUNETTO et al., 2015b; TAGLIAVINI; SCANDELLARI; TOSELLI, 2016). Em frutos de maçã, por exemplo, valores menores que 40 mg kg⁻¹ de

Ca na matéria fresca e valores maiores que 500 mg kg⁻¹ de N ou mesmo relações N/Ca maiores que 14 indicam risco de maior incidência de *bitter pit* (AMARANTE; STEFFENS; ERNANI, 2010; AMARANTE et al., 2012), que deixará os frutos com manchas escuras na polpa, as quais ficarão desidratadas ao longo do tempo, gerando pequenas depressões na epiderme do fruto e depreciando a sua aparência, que é um dos principais critérios utilizados pelo consumidor para a compra da fruta.

A utilização da análise de frutos em maior variedade de frutíferas, especialmente naquelas cujos frutos são armazenados em câmara fria para posterior comercialização *in natura*, está condicionada à padronização do número de frutos que devem compor uma amostra a ser analisada, à época de coleta dos frutos e ao diâmetro dos frutos amostrados (ERNANI, 2003). Além disso, há necessidade de padronizar os protocolos de preparo das amostras no laboratório, como lavagem dos frutos, local de amostragem no fruto e técnicas de análise. Feito isso, será possível estabelecer recomendações mais adequadas de fertilizantes, considerando a concentração de nutrientes ou suas relações nos frutos, bem como decidir o destino final do produto, se para armazenamento ou processamento. Neste último caso, pode-se melhorar a qualidade dos seus subprodutos, como sucos, geleias, vinhos, espumantes, etc.

3.4. Crescimento vegetativo

Alguns parâmetros de crescimento vegetativo, em especial o comprimento de ramos do ano, têm sido utilizados como critério complementar para a definição do estado nutricional da planta, bem como da necessidade e da dose de nutrientes a serem aplicados em algumas frutíferas, como macieira, pessegueiro, nectarina, ameixeira (CQFS-RS/SC, 2016), entre outras. Sabe-se que alguns nutrientes, especialmente o N, podem estimular o vigor do dossel vegetativo das frutíferas, o que pode ser diagnosticado com relativa facilidade pelo aumento do comprimento dos ramos do ano. Caso as doses de N sejam aplicadas acima da demanda das frutíferas, espera-se excesso de crescimento dos ramos e, inclusive, aumento da área foliar, o que é indesejável, porque poderá ocorrer diminuição da incidência de raios solares e passagem de vento no interior da parte aérea das frutíferas, estimulando a incidência de doenças nas folhas e nos frutos. Por outro lado, a menor incidência de raios solares no interior das plantas pode reduzir a atividade fotossintética e, também, de algumas enzimas que regulam a síntese de vários compostos, como, por exemplo, de antocianinas (Figura 6). Somado a isso, existe a possibilidade de parte das antocianinas serem redistribuídas dos frutos para os pontos de crescimento da parte aérea (BRUNETTO et al., 2015b). Como consequência, espera-se diminuição da coloração uniforme dos frutos, o que é indesejável pois prejudica a aparência.

4. CALAGEM EM POMARES DE FRUTÍFERAS

4.1. Calagem na implantação e na formação do pomar

A acidez do solo é um dos mais importantes fatores que limitam a produção em regiões tropicais. Assim, Natale et al. (2007b) realizaram um experimento com o objetivo avaliar os efeitos da calagem na fertilidade do solo, na nutrição e na produtividade da goiabeira. O calcário foi aplicado ao solo e, após quatro meses, foi implantado o pomar, utilizando-se goiabeiras (cv. Paluma) propagadas a partir de estacas herbáceas. O corretivo foi aplicado metade antes da incorporação com arado de aivecas e a outra metade aplicada e incorporada com grade aradora, ambos os implementos abrangendo a camada de 0-30 cm. O solo utilizado era um Latossolo Vermelho distrófico (V = 26% na camada de 0-20 cm). As doses de calcário emprega-



Figura 6. Sintomas de excesso de nitrogênio em videira, com impacto negativo no teor de antocianinas.

Fonte: Brunetto et al. (2016).

das foram: 0; 1,85; 3,71; 5,56 e 7,41 t ha⁻¹. Durante 78 meses após aplicação do corretivo foram realizadas análises químicas de solo. A avaliação do estado nutricional e da produtividade das goiabeiras foi realizada durante cinco safras agrícolas. A calagem promoveu alteração nos atributos químicos do solo ligados à acidez, elevando o pH, os teores de Ca e Mg, a soma de bases (SB) e a saturação por bases (V) e diminuindo a acidez potencial (H + Al), até 60 cm.

Nos primeiros anos após a implantação do pomar verificou-se boa correlação entre os teores foliares de Ca e as concentrações do elemento no solo, tanto na entrelinha como na linha de plantio (Tabela 1). Entretanto, nos anos de 2004 e 2005, a correlação foi significativa apenas com as concentrações do elemento na entrelinha. De maneira geral, o mesmo ocorreu para o Mg, observando-se relações mais estreitas do Mg nas folhas com aquele determinado na entrelinha do pomar. Isso pode indicar que, com o esgotamento dessas bases na linha de plantio, as raízes das goiabeiras absorveram os nutrientes de maneira mais efetiva na entrelinha da cultura, enfatizando a importância da calagem em área total.

Observou-se incremento na produção acumulada de frutos (safras de 2002-2006) em função da saturação por bases na camada superficial do solo, na entrelinha e na linha das goiabeiras (Figura 7). Apesar de os pontos de máxima produção estarem além dos valores observados no experimento, pode-se inferir que as maiores produções acumuladas de frutos serão obtidas quando V estiver próximo de 50% na linha da cultura e de 65% na entrelinha do pomar.

A aplicação de calcário em solos ácidos promove maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas e, consequentemente, melhora a absorção de água e nutrientes. A determinação da concentração de Ca no solo é um indicativo do potencial de crescimento do sistema radicular das frutíferas, especialmente nas fases de implantação e formação do pomar e em situações em que

Tabela 1. Coeficientes de correlação entre o teor de cálcio e de magnésio do solo na camada de 0-20 cm da entrelinha e da linha do pomar e os teores foliares de Ca e Mg das goiabeiras, nos diferentes anos de cultivo (os valores são médias de quatro repetições em cada ano).

Nutriente no solo	Nutriente na folha									
	2001		2002		2003		2004		2005	
	Ca	Mg	Ca	Mg	Ca	Mg	Ca	Mg	Ca	Mg
Ca (L)	0,91*		0,99**		0,95*		ns		ns	
Ca (E)	0,94*		0,96**		0,99*		0,97*		0,93*	
Mg (L)		ns		0,79*		ns		ns		ns
Mg (E)		ns		0,92*		0,97*		0,81*		0,84*

E = entrelinha do pomar, L = linha de plantio das goiabeiras.

** = significativo, $p < 0,01$; * = $p < 0,05$; ns = não significativo.

Fonte: Natele et al. (2007b).

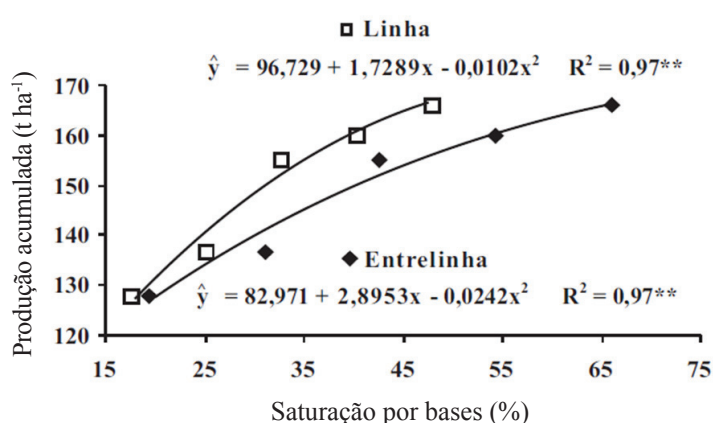


Figura 7. Relação entre saturação por bases do solo, na camada de 0-20 cm, na entrelinha e na linha do pomar de goiabeiras (média de todas as amostragens) e produção acumulada de frutos nos anos agrícolas de 2002 a 2006.

Fonte: Natele et al. (2007b).

o Ca se encontra em baixas concentrações. Prado e Natale (2004) avaliaram os efeitos da aplicação de calcário ao solo sobre o desenvolvimento do sistema radicular e sobre a nutrição de cálcio em goiabeiras cultivadas em um Latossolo Vermelho distrófico ácido. Analisaram-se amostras de solo coletadas em quatro pontos equidistantes, a 75 cm do tronco das plantas, nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade, de parcelas que receberam 0; 3,7 e 7,4 t ha⁻¹ de calcário. O calcário foi aplicado em pré-plantio, incorporado com arado de aivecas e grade aradora, na camada de 0-30 cm de profundidade. Aos 42 meses após a incorporação do calcário (terceiro ano de cultivo das goiabeiras) realizou-se a amostragem das raízes com trado cilíndrico serrilhado para avaliação da matéria seca e do teor de cálcio radicular. A calagem promoveu a correção da acidez do solo, aumentando a saturação por bases, com conseqüente incremento da disponibilidade e absorção de Ca pelas plantas, proporcionando maior desenvolvimento do sistema radicular das goiabeiras. Concentrações de Ca próximas de 30 mmol_c dm⁻³ no solo e teor de 7,5 g kg⁻¹ de Ca nas raízes estiveram associados ao maior crescimento radicular da frutífera.

Salienta-se, ainda, que a calagem, ao elevar as quantidades de Ca e Mg no solo e na planta, pode afetar a qualidade dos frutos. Neste sentido, Prado, Natale e Silva (2005) estudaram os efeitos da calagem na qualidade de frutos de goiabeira, observando que essa prática não afetou as características físicas dos frutos, como peso, diâmetro transversal, comprimento, peso de polpa e porcentagem de polpa, entretanto, proporcionou aumento linear dos teores de Ca nas folhas e nos frutos, promovendo menor perda de peso de matéria

fresca e maior firmeza dos frutos, estando associados aos teores de Ca nos frutos próximos a 0,99 g kg⁻¹. Assim, a nutrição adequada da planta em Ca melhorou a qualidade dos frutos, com benefícios crescentes para a pós-colheita, ao longo do período de armazenamento.

Estes efeitos benéficos do Ca na qualidade dos frutos podem ser explicados pelo papel deste elemento na nutrição das plantas. Assim, Natale et al. (2005) observaram que nos frutos de goiabeiras que receberam a aplicação de Ca, na forma de calcário, as paredes celulares e as lamelas médias estavam bem definidas e estruturadas, mantendo as células unidas. Já nas plantas que não receberam calagem, os frutos apresentavam paredes celulares desestruturadas e com lamela média desorganizada. Os autores concluíram que a aplicação de Ca mostrou-se efetiva na organização subcelular dos frutos de goiabeira, contribuindo para a integridade dos mesmos.

Estudos que apontam os efeitos da calagem sobre variáveis biométricas das plantas são escassos na literatura. Com esse intuito, Souza et al. (2009) desenvolveram um experimento, em condições de campo, empregando doses de calcário e avaliando seu efeito sobre o diâmetro do tronco e a altura e o volume da copa, a partir da implantação de um pomar de goiabeiras cultivar Paluma. As avaliações foram realizadas durante sete anos. Os autores concluíram que as doses de calcário proporcionaram, ao longo dos anos, ganhos no diâmetro do tronco, na altura e no volume da copa das goiabeiras.

Apesar de ter seu centro de origem nas regiões tropicais, há indicações na literatura de que a caramboleira é responsiva à correção da acidez do solo e à aplicação de fertilizantes. Prado e Natale (2004a), avaliando plantas com três anos de idade em condições de campo, constataram que o acúmulo de matéria seca do sistema radicular da caramboleira é beneficiado pela aplicação de calcário, refletindo na absorção de nutrientes e no desenvolvimento das plantas.

Devido à baixa solubilidade dos materiais corretivos da acidez, a incorporação profunda e homogênea do calcário em toda a área, antecedendo o plantio das mudas, é prática conhecida e utilizada pelos fruticultores, visto ser a última oportunidade de mobilizar o solo, partindo da premissa de que não é aconselhável revolvê-lo em pomares já implantados, nem tampouco aplicar calcário na cova de plantio, especialmente junto com fontes de fósforo.

Apesar da reconhecida necessidade e importância da correção da acidez, praticamente inexistem estudos avaliando o efeito residual dessa prática agrícola em pomar de caramboleiras. O único trabalho brasileiro que avaliou o efeito da calagem em caramboleiras, realizado na maior região produtora da fruta no País, foi conduzido por Natale et al. (2008) no período de 1999 a 2006. Os autores observaram que a aplicação de calcário promoveu alterações

significativas no pH do solo, na acidez potencial (H + Al), na soma de bases, na saturação por bases e nas concentrações de Ca e Mg, nas profundidades de 0-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm e 40-60 cm. Além disso, ocorreu incremento linear no pH, nos teores de Ca e Mg, na SB e na V%, e decréscimo, também com ajuste linear, na acidez potencial (H + Al), em função das doses de calcário, tanto na entrelinha como na linha do pomar de caramboleiras, em todas as profundidades amostradas, com as alterações mais expressivas na região de incorporação do corretivo (0-30 cm), o que já era esperado, devido à sua baixa mobilidade.

Em uma abordagem sobre o aspecto econômico da calagem, Natale et al. (2011) observaram que as produções acumuladas de carambolas, empregando-se as diferentes doses economicamente viáveis de calcário, coincidiram com as produções máximas possíveis (Tabela 2). Isso ocorreu devido à alta capacidade produtiva desta frutífera e ao elevado preço médio da carambola praticado no mercado. A porcentagem da produção de frutos obtida com a dose mais econômica, em relação à produção máxima, seria de 100%. Desse modo, a aplicação da dose econômica permitiu economia de calcário sem perda significativa da produção de frutos. Assim, é possível concluir que as caramboleiras responderam positiva e economicamente à aplicação de calcário, elevando a produção de frutos até a dose considerada adequada e recomendada por Natale et al. (2008).

4.2. Calagem em pomares em produção

A baixa solubilidade da maioria dos corretivos de acidez limita a mobilidade desses materiais no perfil do solo, obrigando sua incorporação para se obter um efeito benéfico na zona explorada pelas raízes. Nos pomares de frutíferas já implantados, o procedimento indicado pelos boletins oficiais no Brasil é uma leve incorporação do calcário nas entrelinhas (RAIJ et al., 1997). Entretanto, é provável que a recomendação fosse outra, caso houvesse maior subsídio da pesquisa, considerando os diversos problemas fitossanitários que podem ocorrer devido à prática da incorporação dos corretivos, tais como fermentos e redução do volume de raízes, com conseqüente risco de infecções, disseminação de doenças no pomar e favorecimento da dispersão de pragas, em especial de ácaros, cochonilhas (GRAVENA, 1993) e nematoides (SILVA, 2009) e desestruturação e compactação do solo, fatores que podem refletir no rendimento das culturas.

Em pomares adultos, o calcário aplicado na superfície do solo, sem incorporação, neutralizará gradualmente a acidez em profundidade, devido ao movimento das partículas no perfil, numa taxa de 1 a 2 cm por ano, se as condições de umidade e drenagem forem adequadas (Brown et al., 1956, citados por LIEROP, 1990). Desse modo, a calagem superficial, ainda que possível, requer tempo para produzir efeitos benéficos. Entretanto, essa informação foi obtida

em condições edafoclimáticas diferentes dos trópicos. As pesquisas têm mostrado que é possível aplicar o corretivo superficialmente, sem incorporação, obtendo-se resultados satisfatórios ao longo do tempo, conforme será relatado a seguir.

Com o objetivo de avaliar o efeito da calagem superficial sobre a fertilidade do solo e sobre a nutrição e produção da goiabeira, Corrêa et al. (2004) desenvolveram um experimento no campo, em pomar comercial instalado sobre Argissolo Vermelho-Amarelo (Ultisol), na maior região produtora de goiabas do estado de São Paulo. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 5, com três repetições, com dois tipos de calcário (tradicional, com PRNT = 80%; e calcinado, com PRNT = 131%), aplicados em cinco doses [0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 vezes a dose recomendada para elevar a saturação por bases (V) a 70%], sem incorporação. De acordo com os resultados obtidos, a calagem superficial, com calcário comum ou calcário calcinado, reduziu a acidez do solo nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm no pomar estabelecido de goiabeiras, de forma proporcional às doses aplicadas. Na camada de 10-20 cm observou-se redução da acidez após 6 a 12 meses da calagem com o calcário calcinado e, após 24 meses da aplicação, com o calcário comum. A composição química das folhas e dos frutos, bem como a produtividade das goiabeiras, não foram afetadas pelos tratamentos, atribuindo-se esses resultados à perenidade das plantas, que necessitam de tempo para responder às alterações de manejo. Os autores concluíram que é possível a utilização da técnica da calagem superficial em pomares estabelecidos de goiabeiras para a correção da acidez, tanto da camada superficial, como da subsuperfície do solo; contudo, ressaltam serem necessários outros estudos para a determinação de critérios específicos para a cultura, bem como para a adequação das doses pelo método da saturação por bases à essa modalidade de calagem.

A laranja é a mais importante frutífera cultivada no Brasil, ocupando uma superfície de 850 mil hectares. O País é o maior produtor mundial, respondendo por 25% da produção dessa fruta. Isso significa que, de cada cinco copos de suco de laranja consumidos no mundo, três são produzidos no Brasil (NEVES et al., 2010). Considerando a importância da cultura do citros para o País, Silva et al. (2007) conduziram um experimento de campo, em um pomar adulto de laranja Pêra, instalado sobre um Latossolo Vermelho (Oxisol). Empregaram-se cinco doses de calcário calcinado (PRNT = 131%), aplicado superficialmente, sem incorporação. Os efeitos dos tratamentos foram avaliados durante três anos, acompanhando-se a movimentação do corretivo no perfil do solo aos 6, 12, 18, 24, 30 e 36 meses após a calagem e determinando-se as alterações nas propriedades químicas do solo, no estado nutricional e na produção de frutos. Os pesquisadores concluíram que a aplicação superficial de calcário calcinado alterou a saturação por bases (V%), bem como o ambiente químico do solo nas camadas de 0-10 cm, 10-20 cm e

Tabela 2. Dose econômica de calcário calculada em função da produção acumulada de frutos de caramboleira e do custo do corretivo, para o período de 2002 a 2006.

Produção acumulada	Dose econômica	Aumento de produção	Custo do calcário	Lucro	Produção ¹
	t ha ⁻¹	----- t de frutos por ha -----			%
2002 a 2003	4,5	8,4	0,3	8,1	100
2002 a 2004	4,8	16,0	0,3	15,7	100
2002 a 2005	5,3	28,8	0,3	28,5	100
2002 a 2006	5,3	34,2	0,3	33,9	100

¹ Porcentagem da produção de frutos obtida com a dose mais econômica, em relação à produção máxima.

Fonte: Natale et al. (2011).

20-40 cm. Pelos resultados obtidos, o período compreendido entre 12 e 18 meses foi aquele no qual ocorreu a máxima reação do calcário calcinado nas camadas subsuperficiais. O estado nutricional das plantas e a produção de laranjas foram alterados significativamente, e a produtividade acumulada indica que a saturação por bases ideal para a cultura da laranja está em torno de 50%. No mesmo estudo, Silva et al. (2009) avaliaram os efeitos das doses de corretivo sobre os teores foliares de manganês (Mn) no pomar de laranjeiras. Constataram decréscimos significativos nos teores desse micronutriente à medida que as doses de calcário aumentaram. Houve alta correlação entre a saturação por bases na camada de 10-20 cm e os teores foliares de Mn. As maiores produtividades de frutos estiveram associadas aos níveis foliares entre 33 e 70 mg kg⁻¹ de Mn. O experimento de calagem permitiu determinar, ainda, através dos métodos CND, DRIS e Chance Matemática, as faixas de teores de nutrientes adequados para a obtenção de alta produtividade em pomar de laranjeira Pêra (CAMACHO et al., 2012).

Apesar da insuficiência de base científica, a experiência prática tem mostrado que, em pomares já implantados, não se deve permitir que o pH e, conseqüentemente, a saturação por bases, diminuam drasticamente. Isso porque é muito difícil corrigir a acidez elevada nas camadas de solo exploradas pelas raízes nos pomares adultos, em espaço de tempo razoável. Assim, a estratégia, nessas situações, é aplicar anualmente pequenas doses de corretivo finamente moído (por exemplo, 1 t ha⁻¹), a fim de corrigir a acidez gradativamente por meio da movimentação do calcário no perfil do solo, evitando uma forte acidez nos pomares em produção. Fica claro, porém, que a análise de solo continua imprescindível também nessa situação, e que pesquisas devem ser realizadas para determinar as doses mais adequadas, visto que o corretivo é aplicado na superfície, sem incorporação.

5. ADUBAÇÃO EM POMARES DE FRUTÍFERAS

5.1. Adubação de correção (pré-plantio)

A adubação de correção, ou pré-plantio, é praticada como antecipação da adubação, sendo importante em culturas em que há dificuldade de mobilização do solo depois de implantadas, como o caso de frutíferas. Ela visa elevar a disponibilidade de nutrientes para o nível de suficiência bom, para então conduzir o pomar com adubações sazonais ou estacionais, de acordo com a exigência da espécie. Essa adubação consiste na adição de P e K de acordo com a classe de disponibilidade do solo, cujas quantidades necessárias constam nos boletins ou manuais de adubação de cada Estado ou região. Por exemplo, frutíferas cultivadas nos estados do Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina (SC), como a pereira, são enquadradas como exigentes (Grupo 2) no nível de exigência de disponibilidade de P no solo (CQFS-RS/SC, 2016). A interpretação da concentração de P extraído pelo método Mehlich-1 é realizada de acordo com o teor de argila (Tabela 3), e as doses de P recomendadas na adubação de pré-plantio para a pereira estão apresentadas na Tabela 5. Para a recomendação de K, as frutíferas também são enquadradas no Grupo 2, e a interpretação da concentração de K no solo extraído pelo método Mehlich-1 é realizada considerando a CTC a pH 7,0 (Tabela 4). As doses de K a serem aplicadas são apresentadas na Tabela 5.

As aplicações devem ser realizadas antes do plantio dos porta-enxertos ou das mudas, e os procedimentos são similares aos previstos para a calagem. Assim, doses de fertilizantes fosfatados e potássicos devem ser distribuídas sobre a superfície do solo e incorporadas até a camada de 0-20 cm. Caso a opção seja

Tabela 3. Interpretação da concentração de fósforo no solo extraído pelo método Mehlich-1, conforme o teor de argila para frutíferas.

Classe de disponibilidade	Classe de teor de argila ^{1,2}			
	1	2	3	4
	----- mg dm ⁻³ de P -----			
Muito baixo	≤ 3,0	≤ 4,0	≤ 6,0	≤ 10,0
Baixo	3,1 - 6,0	4,1 - 8,0	6,1 - 12,0	10,1 - 20,0
Médio	6,1 - 9,0	8,1 - 12,0	12,1 - 18,0	20,1 - 30,0
Alto	9,1 - 12,0	12,1 - 24,0	18,1 - 36,0	30,1 - 60,0
Muito alto	> 12,0	> 24,0	> 36,0	> 60,0

¹ Teores de argila: classe 1 = > 60%; classe 2 = 60% a 41%; classe 3 = 40% a 21%; classe 4 = ≤ 20%.

² Caso a análise tenha sido feita pelo método Mehlich-3, transformar previamente os teores em “equivalentes Mehlich-1”, conforme equação: PM1 = PM3/[2 - (0,02 x arg)].

Fonte: CQFS-RS/SC (2016).

Tabela 4. Interpretação da concentração de potássio no solo extraído pelo método Mehlich-1, conforme a CTC do solo para fruteiras.

Classe de disponibilidade	CTC _{pH7,0} do solo ¹			
	≤ 7,5	7,6 a 15,0	15,1 a 30,0	> 30,0
	----- mg dm ⁻³ de K -----			
Muito baixo	≤ 20	≤ 30	≤ 40	≤ 45
Baixo	21 - 40	31 - 60	41 - 80	46 - 90
Médio	41 - 60	61 - 90	81 - 120	91 - 135
Alto	61 - 120	91 - 180	121 - 240	136 - 270
Muito alto	> 120	> 180	> 240	> 270

¹ Caso a análise tenha sido feita pelo método Mehlich-3, transformar previamente os teores em “equivalentes Mehlich-1”, conforme equação: KM1 = KM3 x 0,83.

Fonte: CQFS-RS/SC (2016).

Tabela 5. Quantidades de fósforo e potássio recomendadas em pré-plantio para as espécies frutíferas em função das concentrações de P e K disponíveis no solo.

Interpretação do teor de P e K no solo	Nutriente ¹	
	Fósforo	Potássio
	kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅	kg ha ⁻¹ de K ₂ O
Muito baixo	250	150
Baixo	170	90
Médio	130	60
Alto	90	30
Muito alto	0	0

¹ Dependendo do tipo de solo, da espécie frutífera e do sistema de produção, essas doses podem ser aumentadas ou diminuídas a critério do técnico responsável pelo pomar.

Fonte: CQFS-RS/SC (2016).

a aplicação em camadas mais profundas, por exemplo, até 30 ou 40 cm, a dose dos fertilizantes deve ser proporcionalmente corrigida. É oportuno lembrar que a adubação corretiva pode ser realizada depois da calagem. Sugere-se que preferencialmente a calagem seja realizada em toda a área, para evitar futuros problemas de toxidez de Al. Convém destacar que em solos arenosos, ou mesmo os loca-

lizados em relevo ondulado, a adubação poderá ser realizada em covas ou mesmo em sulco, evitando o revolvimento do solo na área total. Em geral, não se recomenda a aplicação de N na adubação de correção, visto que os porta-enxertos ou as mudas possuem pequeno volume de raízes explorando o solo. Assim, espera-se que grande parte do N seja rapidamente perdido por lixiviação, especialmente em solos com textura superficial arenosa, como os Argissolos (LORENSINI et al., 2014). Na adubação de correção, em culturas exigentes, micronutrientes como o Zn, o B, entre outros, caso diagnosticada a necessidade pela análise de solo, podem ser aplicados e incorporados na mesma operação dos fertilizantes fosfatados e potássicos. Porém, as doses de micronutrientes somente devem ser aplicadas de acordo com as recomendações oficiais para a frutífera, propostas pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo do estado ou região. Isso porque a faixa entre deficiência e excesso para alguns micronutrientes, como B e Cu, é muito estreita (Figura 8).

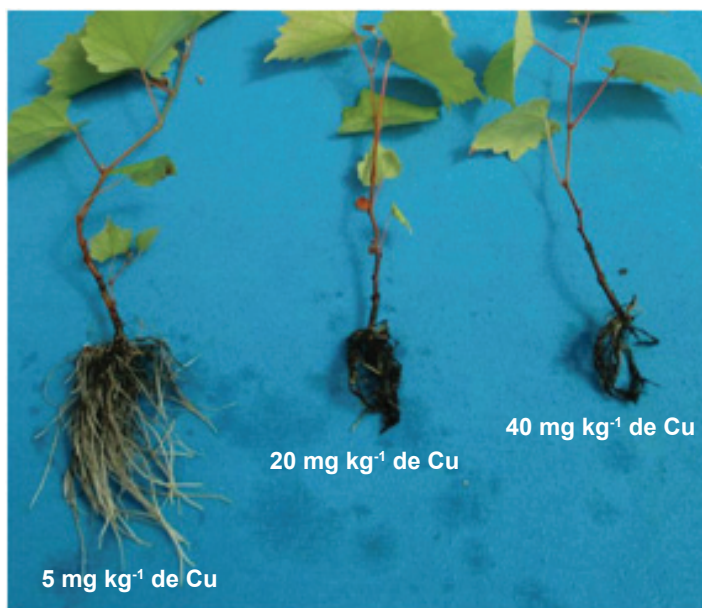


Figura 8. Efeito do excesso de cobre no sistema radicular da uva 'Rubi'.

Convém destacar que os resíduos orgânicos, sempre que possível, devem ser utilizados para substituir ou complementar a adubação com fertilizantes minerais. Esses materiais, além de serem fontes de macro e micronutrientes, podem incrementar o conteúdo de carbono no solo e, por consequência, de matéria orgânica, especialmente em solos degradados, e também promover melhorias em outros atributos físicos, químicos e biológicos, o que já é conhecido em sistemas de cultivo em outros países. Porém, no Brasil, mais estudos devem ser realizados para definir as melhores fontes de resíduos orgânicos a serem utilizados nos pomares, as reais melhorias em atributos do solo nas mais diferentes condições edafoclimáticas, bem como o real impacto sobre o crescimento do sistema radicular, da parte aérea e do estado nutricional de frutíferas em crescimento.

5.2. Adubação de crescimento

A adubação de crescimento visa promover o vigor da frutífera, estimulando o crescimento das raízes e da parte aérea. É realizada após o estabelecimento do pomar, durante o crescimento das plantas, antes que elas iniciem a produção de frutos, o que dependerá da espécie, mas, em geral, é de 2 a 4 anos. Para as frutíferas, entre elas, a pereira, como aquelas cultivadas nos estados de RS e SC, a necessidade e a dose de N são estabelecidas com

base no teor de matéria orgânica do solo, considerando a idade das plantas (Tabela 6) (CQFS-RS/SC, 2016). Alguns tradicionais países produtores de frutas do mundo utilizam os teores de formas de N mineral no solo para definir a necessidade e a dose de N em frutíferas. Porém, nos estados do Brasil este parâmetro não é adequado, visto a rápida oscilação do conteúdo de formas de N mineral no solo, causada em parte, pela variação da temperatura e umidade, além de outros fatores.

Tabela 6. Quantidades de N recomendadas para o crescimento da pereira.

Teor de matéria orgânica no solo	Ano após o plantio		
	1°	2°	3°
%	----- kg ha ⁻¹ de N -----		
≤ 2,5	40	50	60
2,6 a 5,0	30	40	50
> 5,0	20	30	40

Fonte: CQFS-RS/SC (2016).

O N é o único nutriente recomendado na adubação de crescimento. Porém, se visualmente as plantas apresentarem sintomatologia de deficiência, outros nutrientes também poderão ser aplicados ao solo, mas isso muito provavelmente só ocorrerá se a adubação de correção não foi realizada. Pode-se utilizar fertilizantes minerais e orgânicos, que devem ser aplicados na linha ou na projeção da copa das plantas, sobre a superfície do solo e sem incorporação, para evitar danos físicos às raízes das frutíferas, ou antes da capina, se esta for mecânica. Em regiões de clima úmido, o dano no sistema radicular das frutíferas pode estimular a incidência de doenças, reduzindo a vida útil do pomar. Fontes de N mineral, como a ureia, devem ter sua aplicação parcelada em duas ou mais vezes, o que aumenta o seu aproveitamento e minimiza as perdas. Quando possível, recomenda-se o uso de fertilizantes orgânicos na adubação de crescimento, porque a sua mineralização poderá ser mais gradual, comparativamente aos fertilizantes minerais, o que poderá aumentar o sincronismo entre a liberação do nutriente e sua absorção pela frutífera.

5.3. Adubação de manutenção (produção)

A adubação de manutenção ou produção em pomares é assim denominada porque visa manter a fertilidade do solo e repor os nutrientes exportados pela colheita dos frutos. Por isso, a adubação de manutenção é realizada depois do início da produção de frutos. Os nutrientes aplicados ao solo normalmente são o P, o K e o N, mas pode-se incluir alguns micronutrientes para algumas frutíferas exigentes ou se a recomendação oficial de adubação determinar.

A necessidade e a dose de nutrientes, especialmente de N, P e K, normalmente são definidas com base nos resultados, de forma isolada ou conjunta, da análise de solo e de tecido, podendo ser considerados parâmetros de crescimento (crescimento de ramos do ano) ou, inclusive, em culturas com maior volume de informações experimentais, análise de fruto. Métodos de análises alternativas, como o uso do clorofilômetro em algumas frutíferas cultivadas em outros países, têm sido utilizados para estimar o estado nutricional das plantas. Porém, os protocolos de uso no campo deste equipamento e de outros portáteis devem ser melhor estabelecidos. Além disso, as leituras obtidas nos equipamentos portáteis devem ser correlacionadas, pelos pesquisadores, com o teor de nutrientes nas folhas, como o N, e com parâmetros produtivos e qualitativos de frutos. Assim, em um segundo momento será possível converter

as leituras obtidas nas folhas de frutíferas no campo em resultados de tabelas, que sugerem a necessidade de aplicação ou dose do nutriente. Sem estes estudos preliminares de calibração, o uso de equipamentos portáteis e suas leituras são de pouca importância.

Para algumas frutíferas, como é o caso, por exemplo, da pereira cultivada nos estados de RS e SC, a recomendação oficial preconiza adicionar quantidades de N e K com base na quantidade de frutos a serem colhidos, não sendo recomendada a aplicação de P quando o nutriente foi adicionado na adubação de pré-plantio (CQFS-RS/SC, 2016). Contudo, em outras frutíferas, a aplicação de N, K e inclusive de P é estabelecida considerando as quantidades de frutos a serem colhidos, a concentração de nutrientes nas folhas e, nas frutíferas com maior volume de informações, até os resultados de análise de solo. Porém, convém destacar que a predição da adubação apenas com base na exportação de nutrientes pelos frutos da safra anterior e na expectativa de produtividade nem sempre é aconselhada, porque são desconsideradas as reações químicas nos solos que afetam a disponibilidade dos nutrientes (ERNANI, 2003).

Na adubação de manutenção, os fertilizantes devem ser aplicados sobre a superfície do solo e na projeção da copa das plantas, na linha de plantio ou em toda a área do pomar (Figura 9), sem incorporação, para evitar danos às raízes, especialmente em regiões com clima mais úmido. O local da aplicação (projeção, linha de plantio ou área total) é dependente da idade das plantas. Plantas mais jovens e em início da produção possuem raízes mais localizadas na projeção da copa ou próximas à linha de plantio e, por isso, espera-se maior eficiência na absorção de nutrientes quando os fertilizantes são adicionados nesses dois locais. Já as plantas adultas, em produção, normalmente possuem raízes distribuídas nas linhas e entrelinhas de plantio. Assim, os fertilizantes podem ser aplicados nas linhas e inclusive nas entrelinhas, mas preferencialmente em menores doses.

Em frutíferas, as doses de N normalmente são parceladas em mais de uma vez. Preferencialmente, o N deve ser aplicado em períodos de maior emissão de raízes e crescimento da parte aérea das plantas, pois são considerados períodos de maior demanda do nutriente. Porém, em frutíferas a dinâmica do crescimento do sistema radicular é desconsiderado, especialmente pela dificuldade de ser estudado. As doses de P e K normalmente são aplicadas em períodos que antecedem o período de brotação das frutíferas. Por exemplo, para a maioria das espécies frutíferas cultivadas no RS e em SC sugere-se a aplicação de P e K no inverno ou junto com a primeira aplicação de N na primavera (CQFS-RS/SC, 2016). Na adubação de manutenção podem ser utilizados fertilizantes simples, formulados ou orgânicos. Alguns estudos relatam que a adição de resíduos orgânicos, como composto orgânico, dejetos de aves e

de bovinos, entre outros, podem promover maior crescimento das frutíferas, aumento de produtividade e até melhoria de parâmetros qualitativos de frutos, em comparação a fertilizantes minerais. Muito provavelmente isso possa estar associado à liberação mais lenta de N, P, K e de micronutrientes, o que aumenta o sincronismo com a absorção das plantas, sem considerar que esses materiais também são condicionadores de solo na retenção da umidade, no aumento da porosidade e fornecedores de energia para atividades microbiológicas dos solos. Por isso, sempre que possível, os resíduos orgânicos podem ser utilizados de forma única ou complementar aos fertilizantes minerais em pomares de frutíferas. No entanto, um número maior de experimentos de campo devem ser realizados com o maior número possível de frutíferas para verificar o seu real impacto sobre os parâmetros de solo e de planta.

No futuro, os sistemas de recomendação de adubação de manutenção de frutíferas deverão considerar outros parâmetros para melhorar a predição da necessidade e das doses de nutrientes em pomares, com destaque para as espécies de plantas de cobertura presentes no interior do pomar, que podem promover:

- A fixação biológica de N, quando leguminosas, mas também ciclar nutrientes;
- A quantidade de resíduos vegetais de frutíferas (por exemplo: folhas e ramos podados) depositados no interior dos pomares, que podem ser decompostos e liberar nutrientes para o solo;
- As quantidades de nutrientes acumuladas nos órgãos das frutíferas e redistribuídas entre os seus órgãos;
- As quantidades de nutrientes aportados em pomares pela deposição atmosférica, água de irrigações, além das perdas de nutrientes por lixiviação, escoamento superficial e, no caso do N, por volatilização de NH_3 e desnitrificação.

Outra técnica relevante, cada vez mais empregada, é a análise foliar, cuja interpretação pode ocorrer por diversos métodos. Contudo, essa ferramenta tem sido usada fundamentalmente para avaliar o efeito de práticas como a calagem e a adubação sobre as culturas, visto que a recomendação de insumos propriamente dita é feita quase que exclusivamente com base na análise de solo. Pode-se dizer que a análise foliar fornece uma imagem precisa do estado nutricional da planta, mas, em geral, não oferece indicações quanto às causas da carência ou excesso de nutrientes em relação aos teores considerados adequados. Em função disso, se as recomendações de fertilizantes forem baseadas exclusivamente no diagnóstico foliar, há pouca segurança de se alcançar o resultado esperado, caso não seja levada em conta a análise de solo.



Figura 9. Localização adequada para a aplicação de fertilizantes em pomares de uva ‘Rubi’ (A), goiaba ‘Paluma’ (B) e banana ‘Nanica’ (C).

Entretanto, nunca é demais recordar que as concentrações de nutrientes indicadas na análise química de solo representam um índice de disponibilidade dos elementos, mas que, não necessariamente, serão utilizados pela planta. A absorção, o transporte e a redistribuição do nutriente nos vegetais, ou seja, sua aquisição e metabolização, sofrem interferência de fatores bióticos e abióticos, os quais não estão contemplados nas tabelas de recomendação de adubação. Daí a importância do acompanhamento dos benefícios da calagem e da adubação via diagnose do estado nutricional. Em outras palavras, o teor de um nutriente na planta é um valor integral de todos os fatores que interagiram durante sua aquisição, sendo a análise foliar a ferramenta que melhor afere as quantidades reais de nutrientes absorvidos e metabolizados pela cultura.

É importante destacar, porém, que no caso das plantas perenes, como a maioria das frutíferas, em que a adubação se faz de forma parcelada (3-4 ou mais vezes), a diagnose foliar pode oferecer informações preciosas para o ajuste (para mais ou para menos) do programa de adubação. Estes ajustes são importantes para evitar o desperdício de insumos, reduzir os custos de produção, diminuir os impactos ambientais e evitar prejuízos à qualidade dos frutos colhidos. Ainda no caso das plantas perenes, a análise de folhas é utilizada para recomendar basicamente a dose de nitrogênio a ser aplicada. Nesse aspecto, a pesquisa indica sua eficácia, como apresentou Natale et al. (2009) para a goiaba, e Santos e Rozane (2017) para a atemoia.

Manuais de recomendação de adubação trazem, ainda, indicações para diferentes regiões e frutíferas, a exemplo de Raij et al. (1997) para as culturas de cana-de-açúcar, café e manga; Andrade (2004) para abacate, acerola, banana, café, citros, goiaba, graviola e manga; Brunetto et al. (2016) para ameixa, maçã, pêssego, nectarina e uva; Pauletti e Motta (2017) para ameixa, atemoia, caqui, citros, goiaba, manga e uva.

A análise foliar é uma ferramenta empregada com sucesso para diagnosticar o estado nutricional das plantas e pode auxiliar na tomada de decisão das adubações. Em uma nova fase de evolução dos critérios de predição do estado nutricional, lançou-se mão da análise multivariada, aplicando-a na base de dados construída com inúmeras frutíferas. A fim de facilitar a execução dos cálculos matemáticos e a interpretação dos resultados, elaborou-se *softwares*, que avaliam o estado nutricional dessas frutíferas, tendo como fundamento o método CND – Diagnose da Composição Nutricional (*Compositional Nutrient Diagnosis*). Essa ferramenta permite, com base na análise foliar do pomar do fruticultor, determinar se a cultura apresenta teores de nutrientes na condição adequada, com carência ou excesso, em relação aos demais elementos. Os programas estão disponíveis, gratuitamente em: <http://www.registro.unesp.br/sites/cnd>.

6. NECESSIDADE DE PESQUISA

Os solos ácidos e com teores de nutrientes abaixo da necessidade das frutíferas são submetidos à calagem e às adubações para promover melhorias químicas, o que favorece o crescimento do sistema radicular e da parte aérea das plantas e o aumento da produtividade. Porém, algumas recomendações de calagem e adubação foram elaboradas a partir de informações obtidas em outros países produtores de frutas do mundo ou alicerçadas em um pequeno número de experimentos realizados no Brasil. Em alguns casos, devido à escassez de informações sobre a resposta das frutíferas à calagem e à adubação, as recomendações de critérios de predição da calagem e adubação; os teores críticos de nutrientes

no solo, como os de P e K, ou as doses adequadas à produtividade, como as de N; as épocas e os modos de aplicação de fertilizantes e as fontes de nutrientes praticadas em culturas anuais, como as de grãos, foram extrapoladas para as recomendações de frutíferas. Isso explica, em parte, por que o aumento da produtividade das frutíferas, proporcionada pela calagem e pela adubação, está bem abaixo do seu potencial genético.

Por outro lado, quando são realizados estudos sobre calagem e adubação em frutíferas, os seus resultados podem ser posteriormente considerados na elaboração de sistemas oficiais de recomendação para determinada região ou estado, avalia-se com maior intensidade o impacto da dose ou o teor do nutriente no solo sobre os parâmetros de crescimento das plantas, a concentração de nutrientes nas folhas e os parâmetros produtivos, especialmente, a produtividade. Convém destacar que, em muitos casos, por exemplo, em estudos para definir as melhores doses de P e K em frutíferas, sempre é fundamental determinar o teor do nutriente disponível no solo submetido à dose em estudo, porque espera-se que a disponibilidade do nutriente seja diferente entre os diferentes tipos de solo. O teor do nutriente disponível no solo auxiliará na definição da necessidade e da dose do elemento a ser aplicado no pomar no sistema de recomendação oficial. Somado a isso, em estudos sobre fontes de nutrientes, por exemplo, utilizando tipos de resíduos orgânicos, sempre é necessário apresentar a sua composição. Isso porque ela varia de acordo com o tipo de resíduo e determina a quantidade de nutriente a ser adicionada bem como a velocidade de sua mineralização.

Porém, não é suficiente somente avaliar o impacto da calagem e da adubação sobre a produtividade da cultura, é preciso também determinar a qualidade dos frutos. A qualidade pode ser mensurada pela coloração, diâmetro ou comprimento dos frutos; valores de sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável, conteúdo de antocianinas e polifenóis, entre outros parâmetros. Além disso, sempre é importante avaliar a qualidade dos subprodutos dos frutos processados, como é o caso do suco, vinho, espumantes, óleo, entre outros. Quando possível, é desejável inserir avaliações de degustação que expressem a opinião do consumidor sobre o fruto ou seu subproduto, derivado de um determinado ensaio de calagem ou adubação. Todas as informações geradas sobre produtividade, qualidade do fruto e dos seus subprodutos, preferencialmente em experimentos de calagem e adubação em pomares de frutíferas conduzidos durante várias safras, poderão ser utilizadas pelos pesquisadores para a geração de sistemas de recomendação mais confiáveis.

7. POTENCIAL IMPACTO DO MANEJO DA ADUBAÇÃO NA CONTAMINAÇÃO DO AMBIENTE

Os solos da maior parte dos pomares no Brasil, como acontece nas mais tradicionais regiões produtoras de frutas do mundo, são submetidos à adubação (correção, crescimento e produção), basicamente porque eles não conseguem suprir a demanda de nutrientes das culturas. Porém, as recomendações de doses, épocas e modos de aplicação de fertilizantes representam uma média dos resultados de pesquisa e, por isso, em alguns solos, por exemplo, as doses podem ultrapassar a capacidade de adsorção do solo para um determinado nutriente, potencializando a sua perda para o ambiente e a contaminação das águas pluviais. Em pomares no Brasil, tem sido relatada a movimentação de formas minerais de N, como NO_3^- , por exemplo, no perfil dos solos, o que pode contaminar as águas subsuperficiais, especialmente em solos arenosos, com baixo teor de matéria orgânica e com presença do lençol freático próximo à

superfície (LORENSINI et al., 2012; SETE et al., 2015). Parte do N aplicado sobre a superfície de solos, das linhas e entrelinhas de pomares também pode ser transferida para a atmosfera na forma de NH_3 (LORENSINI et al., 2012), o que não é desejável porque diminui a quantidade de N aproveitada pela frutífera e estimula outras aplicações de N, potencializando outros tipos de perda. Além disso, em solos de pomares submetidos à irrigação e pouco drenados, a presença de NO_3^- e de carbono pode provocar perdas de N por desnitrificação. Já as perdas de nutrientes por escoamento superficial podem ser mais acentuadas em relevo ondulado, em solos sem ou com pouca presença de plantas de cobertura ou seus resíduos, com longo histórico de aplicação de fertilizantes sobre a superfície associado a condições de precipitações frequentes em grandes volumes.

Além das perdas de N, tem-se verificado potencial de contaminação de P em solos de pomares de algumas frutíferas do Brasil. Isso ocorre devido às aplicações sucessivas de P sobre a superfície do solo, por meio das adubações de manutenção ao longo dos anos, especialmente em solos de regiões de clima mais úmido, onde a incorporação do fertilizante fosfatado não é realizada para evitar o dano físico ao sistema radicular. Com isso, ao longo dos anos é observado incremento dos teores de P disponível nas camadas superficiais do solo. Isso ocorre porque o P possui alta energia de ligação aos grupos funcionais de superfície da fração mineral do solo, diminuindo a sua mobilidade (BRUNETTO et al., 2015a). Porém, as aplicações continuadas de P na superfície do solo podem causar a ocupação das superfícies de adsorção, causando diminuição da sua energia de adsorção, e, por consequência, a migração de P no perfil de solos cultivados com frutíferas, incrementando o teor do nutriente em profundidade (BRUNETTO et al., 2015a). O aumento do teor de P na superfície também pode potencializar a perda de P solúvel e particulado por escoamento superficial, o que vai aumentar a contaminação das águas superficiais próximas aos pomares (SCHMITT et al., 2013).

Somado a isso, tem-se verificado incremento dos teores de metais pesados, como Cu e Zn, em pomares no Brasil por causa, principalmente, das aplicações sucessivas de resíduos orgânicos usados como fonte de macronutrientes, mas principalmente por causa das sucessivas aplicações de fungicidas foliares para o controle de doenças (BRUNETTO et al., 2017). O aumento dos teores desses elementos, especialmente na superfície do solo, podem potencializar a toxidez em frutíferas, visto que os solos dos pomares não são revolvidos (MIOTTO et al., 2013) para preservar as raízes finas que estão presentes nessa região. Os metais pesados também podem causar toxidez às espécies de plantas de cobertura, implantadas ou nativas, que coabitam nos pomares, responsáveis, principalmente, pela cobertura do solo e ciclagem de nutrientes (GIROTTTO et al., 2014). Além disso, parte do Cu e do Zn podem ser transferidos por escoamento superficial, potencializando a contaminação das águas superficiais. A toxidez de metais pesados nas plantas, bem como as suas transferências, podem ocorrer com maior intensidade em solos arenosos que venham a ser revolvidos, porque a maior parte deles está complexada na matéria orgânica do solo, que é facilmente oxidada.

8. LITERATURA CITADA

AMARANTE, C. V. T. do; STEFFENS, C. A.; ERNANI, P. R. Identificação pré-colheita do risco de ocorrência de “bitter pit” em maçãs Gala por meio de infiltração com magnésio e análise dos teores de cálcio e nitrogênio nos frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, p. 27-34, 2010.

AMARANTE, C. V. T. do; ARGENTA, L. C.; BASSO, C.; SUZUKI, A. Composição mineral de maçãs Gala e Fuji produzidas no Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, p. 550-560, 2012.

ANDA. Associação Nacional para Difusão de Adubos. **Anuário Estatístico 2016**. São Paulo, 2016. 132 p.

ANDRADE, L. R. M. de. Corretivos e fertilizantes para culturas perenes e semiperenes. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 317-366.

AOYAMA, M. Fractionation of water-soluble organic substances formed during plant residue decomposition and high performance size exclusion chromatography of the fractions. **Soil Science Plant Nutrition**, Tokio, v. 42, p. 21-30, 1996.

BLEVINS, R. L.; THOMAS, G. W.; CORNELUIS, P. L. Influence of no-tillage and nitrogen fertilization on certain soil properties after 5 years of continuous corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 69, p. 383-386, 1977.

BRUNETTO, G.; ERNANI, P. R.; MELO, G. W. B.; NAVA, G. Frutíferas. In: **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2016. p. 189-232.

BRUNETTO, G.; FERREIRA, P. A. A.; MELO, G. W. B.; CERETTA, C. A. Heavy metals in vineyards and orchards soils. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 39, p. 1-10, 2017.

BRUNETTO, G.; MELO, G. W. B.; TOSELLI, M.; QUARTIERI, M.; TAGLIAVINI, M. The role of mineral nutrition on yields and fruit quality in grapevine, pear and apple. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, p. 1089-1104, 2015b.

BRUNETTO, G.; NAVA, G.; AMBROSINI, V. G.; COMIN, J. J.; KAMINSKI, J. The pear tree response to phosphorus and potassium fertilization. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 2, p. 507-516, 2015a.

CAMACHO, M. A.; SILVEIRA, M. V.; CAMARGO, R. A.; NATALE, W. Faixas normais de nutrientes pelos métodos ChM, DRIS e CND e nível crítico pelo método de distribuição normal reduzida para laranja-Pera. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, p. 193-200, 2012.

CANTILLANO, F. F.; GIRARDI, C. L. Distúrbios fisiológicos. In: GIRARDI, C. L. (Ed.). **Maça: pós-colheita**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 45-53. (Série Frutas do Brasil, 9).

CQFS-RS/SC. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2016. 375 p.

CORRÊA, M. C. M.; NATALE, W.; PRADO, R. M.; BANZATTO, D. Liming to an adult guava tree orchard. In: INTERNATIONAL SIMPOSIUM ON TROPICAL AND SUBTROPICAL FRUITS, 3., 2004, Fortaleza, CE. **Proceedings...** Embrapa-CNPAT, 2004. p. 215.

ERNANI, P. R. Adubação e calagem para frutíferas de clima temperado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SBCS, 2003. 1 CD-ROM.

ERNANI, P. R. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes**. UDESC: Lages, SC, 2008. 230 p.

GIRARDI, C. L.; NACHTIGALL, G. R.; PARUSSOLO, A. **Fatores pré-colheita que interferem na qualidade da fruta**. In: GIRARDI, C. L. (Ed.). **Maça: pós-colheita**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 24-34.

GIROTTTO, E.; CERETTA, C. A.; BRUNETTO, G.; MIOTTO, A.; TIECHER, T. L.; DE CONTI, L.; LOURENZI, C. R.; LORENSINI, F.; GUBIANI, P. I.; SILVA, L. S.; NICOLOSO, F. T. Copper availability assessment of Cu-contaminated vineyard soils using black oat cultivation and chemical extractants. **Environmental Monitoring and Assessment**, Dordrecht, v. 1, p. 1-2, 2014.

GRAVENA, S. Manejo integrado de pragas dos citros: adequação para manejo de solo. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 14. p. 401-19, 1993.

- HARTER, R. D.; NAIDU, R. Role of metal-organic complexation in metal sorption by soils. **Advances in Agronomy**, Madison, v. 55, p. 219-263, 1995.
- IBRAF. Instituto Brasileiro de Frutas. **Panorama da cadeia produtiva de frutas em 2012 e projeções para 2013**. São Paulo, 2013. 127 p.
- LIEROP, W. van. Soil pH and lime requirement determination. In: WESTERMAN, R. L. (Ed.). **Soil testing and plant analysis**. 3.ed. Madison: Soil Science Society of America, 1990. p. 73-126.
- LORENSINI, F.; CERETTA, C. A.; GIROTTO, E.; CERINI, J. B.; LOURENZI, C. R.; DE CONTI, L.; TRINDADE, M. M.; MELO, G. W. B. D.; BRUNETTO, G. Lixiviação e volatilização de nitrogênio em um Argissolo cultivado com videira submetida à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v. 42, p. 1173-1179, 2012.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba, Ceres, 2006. 638 p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition higher plants**. London: Academic Press, 1995. 674 p.
- MELLO, F. A. F. Origem, natureza e componentes da acidez do solo: critérios para calagem. In: SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS AGRÍCOLAS. Piracicaba: FEALQ/ESALQ, 1984. 32 p.
- MEURER, E.J. **Fundamentos de química do solo**. 3. ed. Porto Alegre, 2006. 285 p.
- MIOTTO, A.; CERETTA, C. A.; BRUNETTO, G.; NICOLOSO, F. T.; GIROTTO, E.; FARIAS, J. G.; TIECHER, T. L.; DE CONTI, L.; TRENTIN, G. Copper uptake, accumulation and physiological changes in adult grapevines in response to excess copper in soil. **Plant and Soil**, The Hague, v. 374, p. 593-610, 2013.
- NACHTIGALL, G. R.; BASSO, C.; FREIRE, C. J. da S. Nutrição e adubação de pomares. In: NACHTIGALL, G. R. (editor técnico). **Maçã: Produção**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 63-77. (Série Frutas do Brasil, 37).
- NATALE, W.; PRADO, R. M.; MÔRO, F. V. Alterações anatômicas induzidas pelo cálcio na parede celular de frutos de goiabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 12, p. 1239-1242, 2005.
- NATALE, W.; PRADO, R. M.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS JUNIOR, D. Guava. In: CRISÓSTOMO, L. A.; NAUMOV, A.; JOHNSTON, A. E. (Org.). **Fertilizing for high yield and quality tropical fruits of Brazil**. 1. ed. Horgen/Switzerland: International Potash Institute, 2007a, v. 1, p. 103-122.
- NATALE, W.; PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; ROMUALDO, L. M.; SOUZA, H. A.; HERNANDES, A. Resposta da caramboleira à calagem. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, p. 1136-1145, 2008.
- NATALE, W.; ROZANE, D. E.; PRADO, R. de M.; ROMUALDO, L. M.; SOUZA, H. A. de; HERNANDES, A. Dose de calcário economicamente viável em pomar de caramboleiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, p. 1294-1299, 2011.
- NATALE, W.; ROZANE, D. E.; PRADO, R. de M.; ROMUALDO, L. M.; SOUZA, H. A. de; HERNANDES, A. Viabilidade econômica do uso do calcário na implantação de pomar de goiabeiras. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, p. 708-713, 2010.
- NEVES, M. F.; TROMBIN, V. G.; MILAN, P.; LOPES, F. F.; CRESSONI, F.; KALAKI, R. **O retrato da citricultura Brasileira**. Ribeirão Preto: CitrusBR, 2010. 139 p.
- OLIVEIRA, E. L.; PAVAN, M. A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 38, p. 47-57, 1996.
- PARENT, L. E.; GAGNÉ, G. **Guide de référence em fertilization**. 2. ed. Québec: CRAAQ, 2010. 473 p.
- PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. Curitiba: SBCS/NESPAR, 2017. 482 p.
- PEARSON, R. W.; ABRUNA, F.; VICE-CHANCES, J. Effect of lime and nitrogen applications on downward movements of calcium and magnesium in two humid soils of Puerto Rico. **Soil Science**, Madison, v. 93, n. 1, p. 77-82, 1962.
- PRADO, R. M.; NATALE, W. A calagem na nutrição e no desenvolvimento do sistema radical da caramboleira. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 3, p. 3-8, 2004.
- PRADO, R. M.; NATALE, W.; SILVA, J. A. A. Liming and quality of guava fruit cultivated in Brasil. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 104, n. 6, p. 91-102, 2005.
- QUAGGIO, J. A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2000. 111 p.
- RAIJ, B. van. Algumas reflexões sobre análise de solo para recomendação de adubação. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., 1992, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBCS, 1992. p. 71-87.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: IPNI, 2011. 420 p.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico; Fundação IAC, 1997. 285 p. (Boletim Técnico 100).
- SANCHEZ, P. A.; SALINAS, J. G. **Suelos ácidos: estrategias para su manejo con bajos insumos en America Tropical**. Bogotá: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 1983. 93 p.
- SANTOS, E. M. H. dos; ROZANE, D. E. DRIS standard and normal ranges of foliar nutrients for the culture of 'Thompson' atemoya. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 47, p. 1-7, 2017.
- SCHMITT, D. E.; COMIN, J. J.; CERETTA, C. A.; GATIBONI, L. C.; TIECHER, T.; LORENSINI, F.; HEIZEN, J.; AMBROSINI, V. G.; MORAES, M. P.; BRUNETTO, G. Phosphorus fractions accumulation and contamination potencial in soils of vineyards in the Southern region of Santa Catarina State, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 57, p. 1256-1266, 2013.
- SETE, P. B.; MELO, G. W. B.; OLIVEIRA, B. S.; FREITAS, R. F.; MAGRO, R. D.; AMBROSINI, V. G.; TRAPP, T.; COMIN, J. J.; GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G. Perdas de nitrogênio do solo e resposta do pessegueiro à adição de composto orgânico. **Ciência Rural**, v. 45, n. 4, p. 651-657, 2015.
- SILVA, G. S. Manejo integrado de nematoides na cultura da goiaba. In: NATALE, W.; ROZANE, D. E.; SOUZA, H. A.; AMORIM, D. A. **Cultura da goiaba: do plantio à comercialização**. Jaboticabal: UNESP-FCAV, v. 2, 2009. cap. 14. p. 349-370.
- SILVA, M. A. C.; NATALE, W.; PRADO, R. M.; CHIBA, M. K. Liming and manganese foliar levels in orange. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 32, p. 694-702, 2009.
- SILVA, M. A. C.; NATALE, W.; PRADO, R. M.; CORRÊA, M. C. M.; STUCHI, E. S.; ANDRIOLI, I. Aplicação superficial de calcário em pomar de laranja Pêra em produção. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 606-612, 2007.
- SOUZA, H. A.; NATALE, W.; PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; ROMUALDO, L. M.; HERNANDES, A. Efeito da calagem sobre o crescimento de goiabeiras. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, p. 336-341, 2009.
- TAGLIAVINI, M.; SCANDELLARI, F.; TOSELLI, M. La fertilizzazione dei sistemi frutticoli. In: GRIGNANI, C. (Ed.). **Fertilizzazione sostenibile**. Bologna: Edagricole-New Business Media, 2016. p. 391-416.
- TILMAN, D.; CASSMAN, K. G.; MATSON, P. A.; NAYLOR, R.; POLASKY, S. Agricultural sustainability and intensive production practices. **Nature**, London, v. 418, n. 8, p. 671-677, 2002.