

## OS BENEFÍCIOS E OS DANOS DO COBRE NA PRODUÇÃO DAS FRUTEIRAS

**Autoria:** Dirceu Mattos-Jr<sup>a</sup>; Franz W. R. Hippler<sup>b</sup>; Lohanne N. Huber<sup>a</sup>; Rodrigo M. Boaretto<sup>a</sup>; José A. Quaggio<sup>c</sup>; Franklin Behlau<sup>d</sup>; Geraldo da Silva Júnior<sup>d</sup>, Gustavo Brunetto<sup>e</sup>

(<sup>a</sup>Instituto Agrônomo - IAC/ Centro de Citricultura Sylvio Moreira; <sup>b</sup>Yara Brasil S.A.; <sup>c</sup>IAC/ Centro de Solos e Recursos Ambientais, <sup>d</sup>Fundecitrus, <sup>e</sup>UFSM - Departamento de Solos)

O boro e o zinco são relatados como os micronutrientes mais limitantes à produção das fruteiras, tanto de clima temperado como de tropical, principalmente pelas baixas concentrações destes elementos no solo. Contudo, a importância do cobre também tem chamado a atenção no campo, uma vez que sintomas visuais de deficiência e de excesso deste elemento são frequentemente observados em pomares destas regiões.

O cobre é importante para o crescimento das plantas e para a manutenção da qualidade da produção de frutas, uma vez que é requerido no metabolismo celular, está associado à fotossíntese, à produção de lignina e de proteínas e à atividade antioxidante e, por isso, deve ser adequadamente suprido por meio das adubações das culturas.

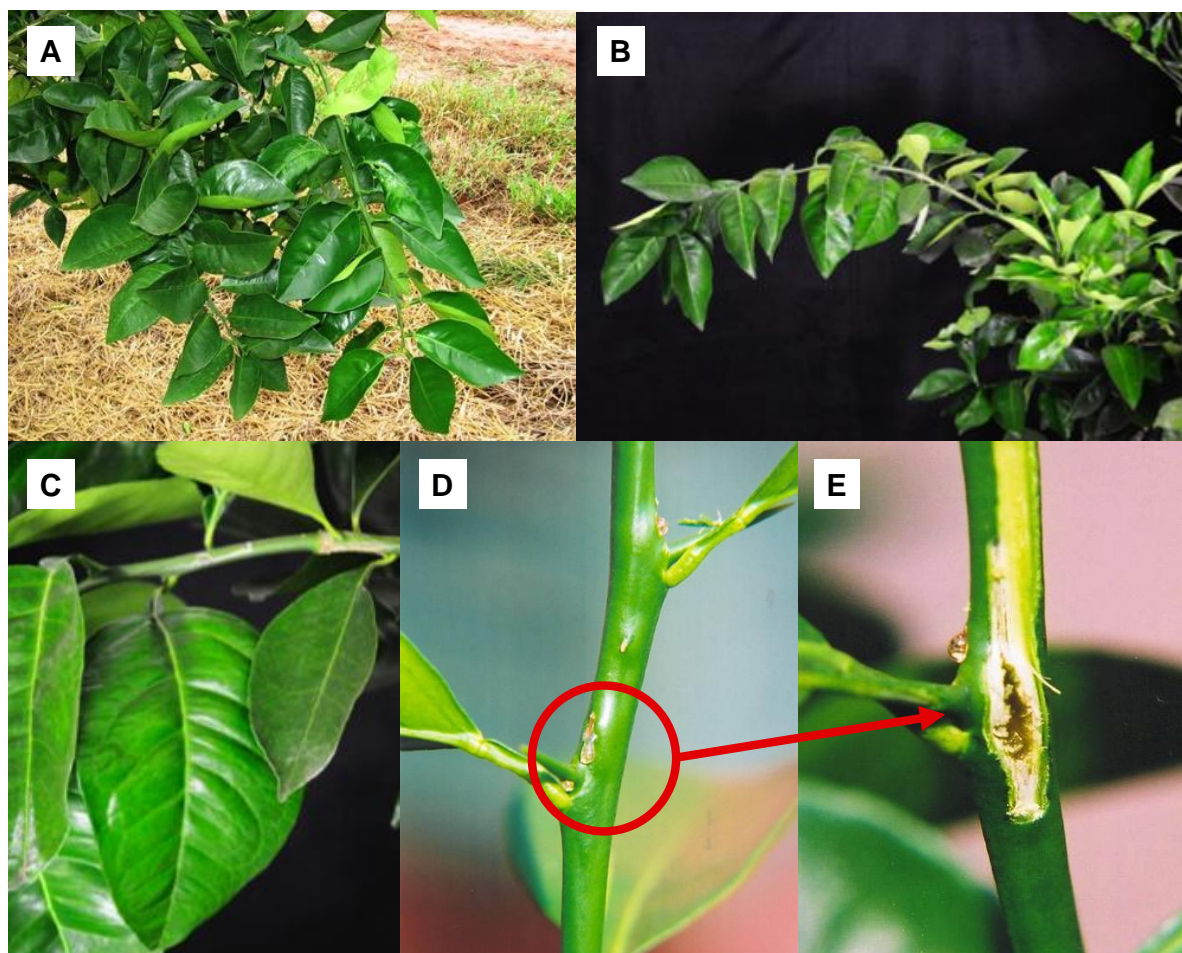
### DEFICIÊNCIA DE COBRE EM FRUTEIRAS

Para as fruteiras, a deficiência de cobre é observada em pomares recém-implantados, estabelecidos em solos com baixa fertilidade e/ou devido a aplicações de doses elevadas de fertilizantes nitrogenados. No segundo caso, o suprimento de elevadas doses de fertilizantes nitrogenados estimula o crescimento vegetativo vigoroso da planta, porém a absorção do cobre pelas raízes não ocorre na mesma proporção do nitrogênio, o que resulta na deficiência induzida de cobre.

Em plantas cítricas, os sintomas visuais causados pela deficiência de cobre consistem na formação de ramos longos e tortuosos, nos quais pode ocorrer a formação de bolsões ocos que se rompem e causam exsudação de goma. Em geral, as folhas de plantas deficientes em cobre são maiores, possuem nervuras mais salientes e o limbo foliar desenvolve-se irregularmente (Figura 1).

Macieiras, pereiras e videiras sob deficiência de cobre apresentam sintomas visuais de murcha e posterior queda de folhas terminais das brotações novas, sendo que, em casos mais severos, pode ocorrer a morte do ápice dos ramos. No cajuzeiro e no caquizeiro, fruteiras típicas do cerrado, os sintomas de deficiência de cobre são caracterizados por ligeiro escurecimento na tonalidade verde das folhas, sendo que as folhas mais jovens se formam mais alongadas e curvadas para baixo, semelhante aos sintomas de estresse hídrico.

A aplicação foliar de cobre é o meio mais efetivo no suprimento deste nutriente, uma vez que as quantidades requeridas pelas plantas são baixas. Quando o suprimento for realizado através de fontes com alta solubilidade, como nitrato de cobre [Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>], cloreto de cobre (CuCl<sub>2</sub>) ou sulfato de cobre hepta-hidratado (CuSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O), deve-se observar que concentrações mais altas da solução podem causar queima nas folhas por efeito salino. Aplicações via solo também são possíveis, entretanto a eficiência de absorção deste nutriente pelas plantas dependerá do tipo de solo. Solos com maiores teores de argila e matéria orgânica promovem maior adsorção do cobre e, por consequência, menor disponibilidade para as plantas.



**Figura 1.** Sintomas da deficiência de cobre em árvores jovens de laranja. A e B: ramos longos e tortuosos; C: nervuras salientes e limbo foliar irregular; D e E: bolsões ocus e exsudação de goma. (Fotos: Dirceu Mattos-Jr. / Franz Hippler / Lohanne Huber).

## O COBRE NO MANEJO FITOSSANITÁRIO DAS FRUTEIRAS

O cobre é também aplicado como defensivo, dado seu efeito protetivo a diversas doenças foliares e de frutos, como o míldio e o oídio em videiras, bem como a mancha marrom de alternária e o cancro nos citros, macieiras e pereiras. Os fungicidas à base de cobre, além de eficientes no manejo de diferentes doenças, por serem classificados como multissítios, são excelentes opções para uso no manejo de resistência de fungos aos fungicidas, uma vez que o risco de seleção de fungos resistentes ao metal é muito baixo. Diversas são as formulações de cobre usadas para proteção de plantas, tais como a calda bordalesa [ $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CuSO}_4$ ], o hidróxido de cobre [ $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ], o oxicloreto de cobre ( $\text{ClCu}_2\text{H}_3\text{O}_3$ ) e o óxido cuproso ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ). Em geral, estas fontes são pouco solúveis em água, sendo que pouco do cobre aplicado nos tratamentos foliares acaba sendo absorvido pela copa das plantas.

Além de serem usados como protetores, os defensivos à base de cobre são aplicados em fruteiras temperadas, como as macieiras, para induzir a quebra de dormência após a queda senescente das folhas. Entretanto, parte do cobre aplicado acaba sendo depositado sobre o solo, principalmente nas camadas mais superficiais, por não haver revolvimento do solo em culturas perenes e pelo maior acúmulo de matéria orgânica que, por complexar íons de cobre, tende a diminuir a mobilidade do elemento no perfil.

Destaca-se que, com o aumento da incidência do cancro cítrico em várias regiões de produção citrícola do País, o aumento do uso de cobre nos pomares tem sido significativo. Esta é uma das principais medidas de controle da doença em áreas que utilizam o sistema de mitigação de risco (SMR), regulamentado em maio deste ano pela Instrução Normativa 21. Desta forma, o acúmulo do elemento ao longo dos anos pode atingir níveis excessivos, dependendo, entre outros fatores, da dose e das frequências de aplicações. Também tem sido relatado o acúmulo de cobre em solos de vinhedos localizados na região Sul do Brasil, especialmente aqueles mais antigos, que possuem longo histórico de aplicação foliar de fungicidas e fertilizantes à base de cobre, alguns destes, orgânicos, que podem possuir o nutriente na composição.

## **TOXICIDADE DE COBRE EM FRUTEIRAS**

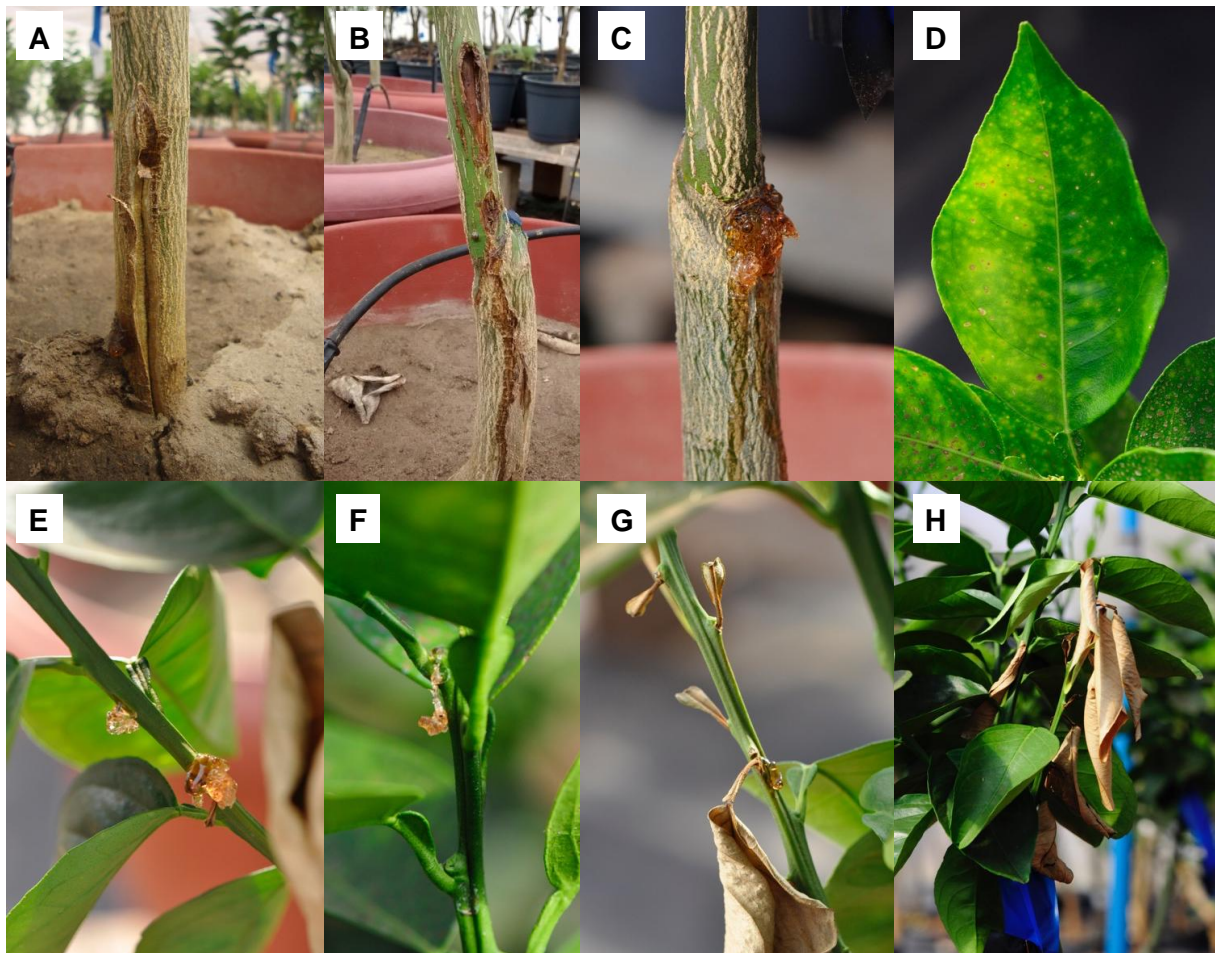
Apesar de o cobre ser um elemento essencial para o metabolismo e crescimento das plantas, as quantidades requeridas pelas culturas são baixas. Assim, quando em excesso no solo e, conseqüentemente, no tecido vegetal, o cobre pode causar modificações morfológicas e anatômicas nas raízes, que podem diminuir a absorção de água e de nutrientes. Além disso, o excesso de cobre pode causar alterações fisiológicas e bioquímicas, que retardam o crescimento da parte aérea e, inclusive, o início da produção das fruteiras. Por exemplo, na região Sul do Brasil, especialmente em áreas de solos arenosos e com baixos teores de matéria orgânica, tem sido observado em solos de vinhedos erradicados, maior disponibilidade de cobre, que pode causar toxicidade às videiras jovens transplantadas. A toxicidade, normalmente, é manifestada pela redução do crescimento do sistema radicular e da parte aérea da cultura, bem como das plantas de cobertura do solo que coabitam os vinhedos (Figura 2).

Apesar de os sintomas de excesso de cobre em plantas de citros não apresentarem características específicas, em pomares instalados em regiões de solos alcalinos, o excesso de cobre tem sido relacionado com a presença de sintomas de deficiência de ferro, uma vez que o cobre em excesso interfere na absorção e no transporte de ferro para a copa. Em casa de vegetação, árvores jovens de laranja-doce, submetidas a concentrações elevadas de cobre, apresentaram sintomas de rachadura nos troncos, com posterior extravasamento de goma (seiva), bem como morte de folhas e de ramos (Figura 3). Outro aspecto importante relacionado à toxicidade de cobre nas plantas e recentemente relatado pela pesquisa é o distúrbio causado à absorção e a assimilação de nitrogênio pelas raízes, o que explicaria, também, o menor crescimento das plantas nas condições adversas no campo.





**Figura 2.** Sintomas da toxicidade de cobre em videiras (foto da direita) e da toxicidade em aveia-preta (foto da esquerda) (Fonte: De Conti, L.; Brunetto, G.).

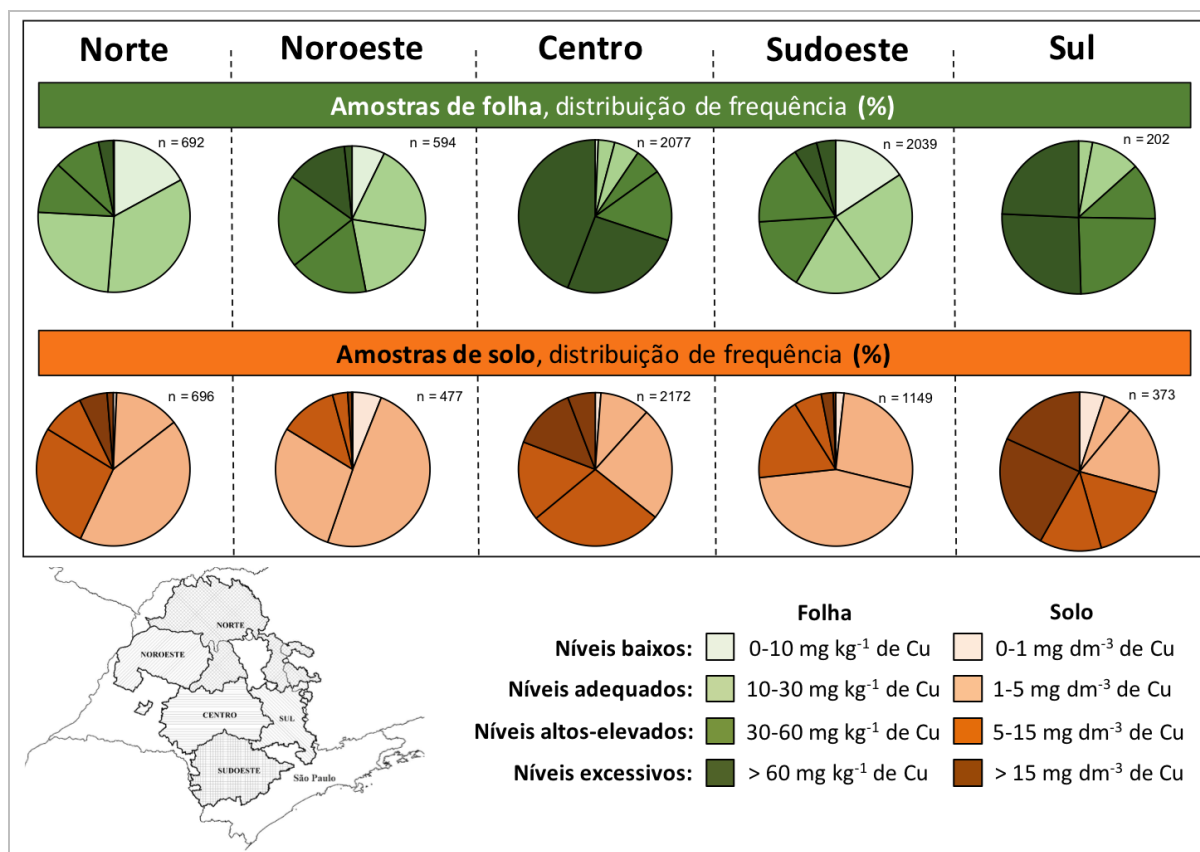


**Figura 3.** Sintomas de excesso de cobre em condição de casa vegetação, em árvores jovens de laranja-doce expostas a elevadas doses do metal. A a C: rachaduras nos troncos; D: folhas com fitotoxidade causada por sulfato de cobre; E e F: exsudação de goma (seiva) dos ramos novos; G e H: morte seguida de queda das folhas dos ramos novos (Fotos: Dirceu Mattos-Jr. / Franz Hippler)

## **OS NÍVEIS DE COBRE NOS POMARES COM A INTENSIFICAÇÃO DO MANEJO FITOSSANITÁRIO**

Apesar de a deficiência ser encontrada em pomares recém-plantados, nos novos cenários de produção, onde a intensificação do manejo fitossanitário tem aumentado, o acúmulo de cobre no solo e na planta também tem crescido. O aumento dos teores de cobre tem sido relatado principalmente em regiões produtoras de uva, maçã, citros e pera.

Aumentos nos teores de cobre, em regiões vitivinícolas, foram reportados desde a década de 90 na França, nos anos 2000 na Espanha, Itália, Grécia, Austrália e Estados Unidos, e mais recentemente o mesmo já foi verificado para a região Sul do Brasil, principalmente nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Nos vinhedos localizados no Bioma Pampa, do Rio Grande do Sul, atualmente, uma das importantes regiões vitivinícolas do Brasil, o teor total de cobre na camada de solo de 0-20 cm pode superar  $90 \text{ mg kg}^{-1}$ ; enquanto em áreas de campo natural, próximas aos vinhedos, raramente o teor excede  $14 \text{ mg kg}^{-1}$ . Os resultados das análises realizadas em 2016 pelo Laboratório de Fertilidade do Solo do IAC, em mais de 10 mil amostras de pomares do Estado de São Paulo e do sul do Triângulo Mineiro, mostram que praticamente a metade das amostras de solo (camada de 0-20 cm de profundidade) e de folha apresenta teores de cobre considerados de altos a excessivos, bem superiores à faixa ideal para citros, entre  $2,0$  e  $5,0 \text{ mg dm}^{-3}$  de cobre. Esses aumentos nos teores de cobre, revelados pelas análises de solo e das folhas, podem estar diretamente relacionados ao aumento na incidência de doenças, como a pinta-preta dos citros e o cancro cítrico. Por outro lado, em quase 20% das amostras do norte e sudoeste do Estado de São Paulo, foram encontrados teores considerados baixos para os citros, o que poderia estar relacionado com as baixas incidências dessas doenças nos pomares. Apesar de pouco expressivos, os sintomas de deficiência de cobre também podem ocorrer em regiões onde o uso de fungicidas à base deste metal é pouco utilizado devido à baixa incidência de doenças.



**Figura 4.** Levantamento de níveis de cobre no cinturão citrícola (2016) (Estado de São Paulo e Triângulo Mineiro) (adaptado de Hippler et al., *Citrus Research & Technology*, v. 38, 2017).

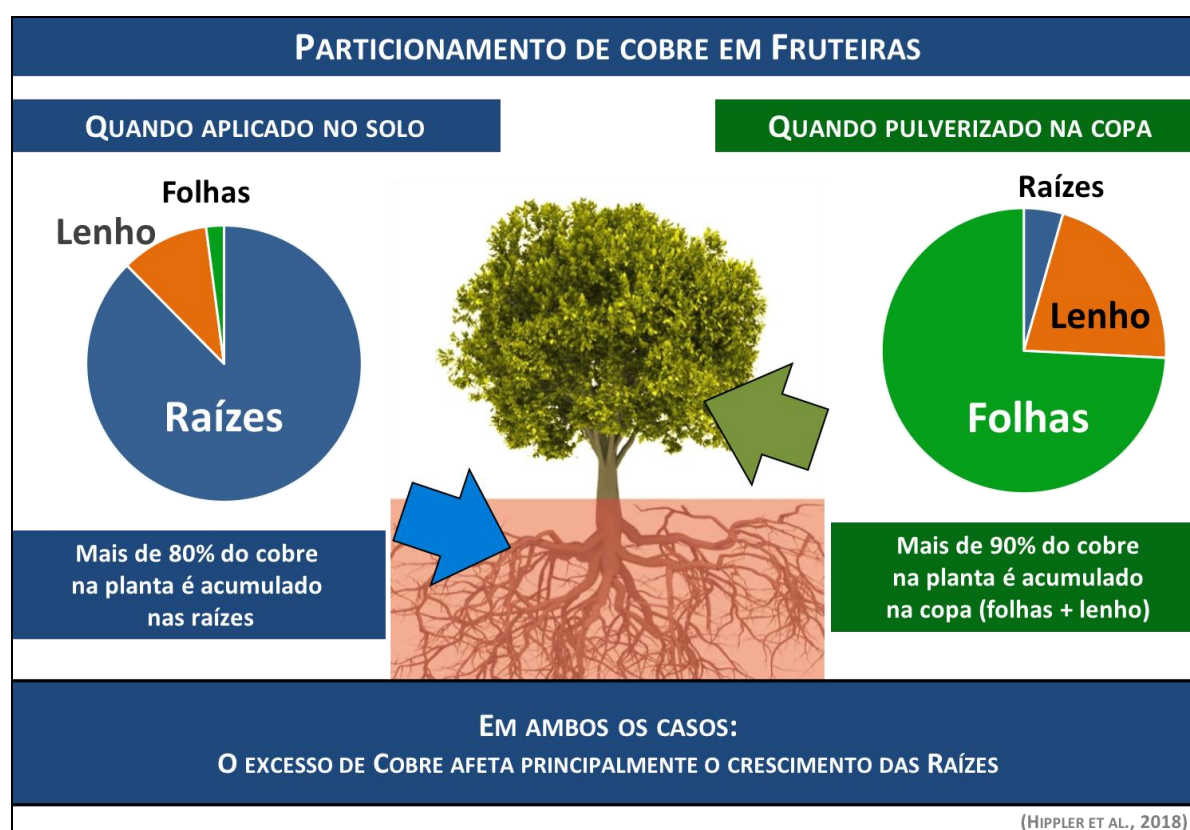
## EM BUSCA DO EQUILÍBRIO

Além de provocar um aumento do número de aplicações de cobre, a disseminação do cancro cítrico no cinturão citrícola paulista instigou a busca pela racionalização do uso deste defensivo nos pomares. Em regiões que manejam a doença há mais tempo no Brasil, era (e ainda é) comum a aplicação de até 30 kg de cobre metálico por hectare durante uma safra. No entanto, pesquisas recentes com diferentes formulações e doses demonstraram que é possível manejar a doença com sucesso utilizando menos de um terço desta quantidade de cobre anualmente. Além disso, o ajuste da dose de cobre metálico em função do volume de copa das plantas no pomar tem possibilitado uma redução substancial da aplicação do metal nos pomares, em relação a padrões anteriores, sem interferir na qualidade do controle. Por fim, a integração dos manejos de doenças que são controladas com cobre, como cancro cítrico e pinta-preta dos citros, tem contribuído para o uso mais racional e sustentável de cobre na citricultura. É preciso atenção para manter equilibradas as quantidades de cobre utilizadas nos pomares. Cabe ao produtor observar e adotar as melhores práticas de manejo, com o emprego racional dos defensivos à base de cobre e a manutenção da boa fertilidade do solo, pelo suprimento de nutrientes e pelo manejo adequado dos pomares.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tanto na deficiência como na toxicidade de cobre, há aumento nos níveis de estresse oxidativo nas plantas, que resulta em danos a processos fisiológicos e bioquímicos, bem como ao estado nutricional das plantas. O cobre é absorvido tanto pelas raízes como pelas folhas, pode ser redistribuído pela planta, mas é preferencialmente acumulado no órgão que recebeu diretamente a aplicação do metal-nutriente.

Desta forma, ressalta-se que atenção extra deva ser dada a estes cenários destacados aqui: possibilidade de deficiência de cobre nos pomares com baixa incidência de doenças que requerem aplicações do metal; e risco de toxicidade ao metal em pomares sob maior intensidade de doenças, onde o uso mais intensivo de defensivos à base de cobre pode aportar níveis excessivos do metal para a cultura, o que requererá medidas orientadas de manejo para garantir o bom desenvolvimento e a produção dos plantas.



**Figura 5.** O particionamento do cobre em fruteiras ocorre preferencialmente nos órgãos que absorveram o metal, seja nas raízes, quando o metal vem do solo, seja nas folhas e ramos, quando o metal é pulverizado na copa.