

## AVANÇOS DO USO DE MAGNÉSIO NA CITRICULTURA

Rodrigo Marcelli Boaretto<sup>1\*</sup>

José Antonio Quaggio<sup>2</sup>

Dirceu Mattos Jr.<sup>1</sup>

### 1. INTRODUÇÃO

A citricultura é um dos mais tradicionais setores do agronegócio brasileiro, sendo inegável sua importância econômica para o país. O Brasil responde por 34% da produção de laranjas e mais de 50% do suco produzido em todo o mundo, o que representa 76% de participação no comércio mundial de suco de laranja, consolidando-se como o maior fornecedor global desse produto (NEVES; TROMBINI, 2017).

Durante toda sua história, a cadeia citrícola brasileira enfrentou inúmeros desafios, em especial aqueles relacionados a problemas fitossanitários. Contudo, essas dificuldades

forçaram os citricultores a adotar novas tecnologias, as quais proporcionaram ganhos em rendimento por área. Nos últimos 30 anos, a produtividade média dos pomares do cinturão citrícola – estado de São Paulo, Triângulo Mineiro e norte do Paraná – praticamente triplicou, passando de aproximadamente 14 t ha<sup>-1</sup>, no final dos anos 1990, para mais de 40 t ha<sup>-1</sup> atualmente (FUNDECITRUS, 2019). Os incrementos de produção dos pomares citrícola se devem, principalmente, aos avanços no sistema de produção, os quais abrangem: evolução das práticas agrícolas – como preparo inicial do solo na implantação do pomar –, adensamento de plantio, fertirrigação, manejo fitossanitário e ajuste da adubação em função da combinação copa/porta-enxerto e da produtividade almejada.

**Abreviações:** Ca = cálcio; EROs = espécies reativas de oxigênio; FCOJ = *frozen concentrated orange juice*; IAC = Instituto Agronômico de Campinas; K = potássio; Mg = magnésio; N = nitrogênio; NFC = *not from concentrated*; SOD = superóxido dismutase; UR = umidade relativa do ar.

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Dr., Centro de Citricultura Sylvio Moreira, Instituto Agronômico (IAC), Cordeirópolis, SP.

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Dr., Centro de Solos e Recursos Ambientais, Instituto Agronômico (IAC), Campinas, SP.

\* Email do autor correspondente: [boaretto@iac.sp.gov.br](mailto:boaretto@iac.sp.gov.br)

### NUTRIÇÃO DE PLANTAS CIÊNCIA E TECNOLOGIA (NPCT)

Avenida Independência, nº 350, Edifício Primus Center, sala 141-A - Fone/Fax: (19) 3433-3254 - CEP 13419-160 - Piracicaba-SP, Brasil  
Website: [www.npct.com.br](http://www.npct.com.br) E-mail: [Etoledo@npct.com.br](mailto:Etoledo@npct.com.br) Twitter: @NPCTBrasil Facebook: NPCTBrasil

## INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS

ISSN 2311-5904

Publicação trimestral da NPCT – Nutrição de Plantas Ciência e Tecnologia

O jornal publica artigos técnico-científicos elaborados pela comunidade científica nacional e internacional visando o manejo responsável dos nutrientes das plantas.

### COMISSÃO EDITORIAL

#### Editor

Luis Ignacio Prochnow

#### Editora Assistente

Silvia Regina Stipp

#### Gerente de Distribuição

Evandro Luis Lavoretti

### ASSINATURAS

As assinaturas podem ser realizadas no site da NPCT: <http://www.npct.com.br>  
Mudanças de endereço podem ser solicitadas por email para:

[Etoledo@npct.com.br](mailto:Etoledo@npct.com.br)

Nº 2 JUNHO/2019

## CONTEÚDO

### Avanços do uso de magnésio na agricultura

Rodrigo Marcelli Boaretto, José Antonio Quaggio, Dirceu Mattos Jr. .... 1

### Aplicação foliar de silício em lavouras: novas alternativas e desafios

Rilner Alves Flores, Renato de Mello Prado, Jonas Pereira  
Souza Junior, Cid Naudi Silva Campos ..... 10

### Atributos físicos de qualidade dos fertilizantes: conceitos e importância agronômica

Arnaldo Antonio Rodella ..... 18

Divulgando a Pesquisa ..... 24

Painel Agrônomo ..... 25

Cursos, Simpósios e outros Eventos ..... 26

Publicações Recentes ..... 27

Publicação do IPNI/NPCT ..... 28

Ponto de Vista ..... 29

### NOTA DOS EDITORES

As opiniões e as conclusões expressas pelos autores nos artigos não refletem necessariamente as mesmas dos editores deste jornal.

Nesse novo patamar de produtividade, o suprimento adequado de nutrientes para o pomar se torna fundamental, não apenas por favorecer o potencial produtivo das plantas, como também por influenciar na qualidade dos frutos. Nesse contexto, o magnésio (Mg) é importante na determinação da qualidade do produto, principalmente em relação ao acúmulo de açúcares no fruto. No passado, em pomares de citros com produtividade média inferior a 20 t ha<sup>-1</sup>, a demanda da planta por Mg era satisfeita exclusivamente pela calagem, não havendo necessidade de aportes extras do nutriente. No entanto, nos novos cenários da citricultura, cujos pomares são cada vez mais produtivos, a complementação do nutriente com outras fontes fertilizantes, em especial aquelas de maior solubilidade em água, se torna necessária para a sustentabilidade da atividade.

Descobertas recentes destacam a contribuição do Mg para a produtividade e a qualidade das culturas como, por exemplo, o seu papel no transporte de carboidratos e na mitigação dos efeitos do estresse foto-oxidativo nas plantas (CAKMAK; KIRBY, 2008). O Mg desempenha diversas funções nas plantas, desde estruturais, como átomo central da molécula de clorofila, até fisiológicas, na participação em inúmeros processos na planta, como estabilização da clorofila, carregamento do floema, transporte de fotoassimilados, formação e utilização de ATP e ativação de enzimas relacionadas à fotossíntese e ao sistema antioxidante. Assim, em situações de deficiência moderada desse nutriente, há redução da produção de matéria seca, alteração na partição de biomassa e peso específico das folhas e acúmulo de sacarose e amido nas folhas (VERBRUGGEN; HERMANS, 2013).

Os sintomas da deficiência de Mg foram caracterizados pela primeira vez na citricultura mundial por Aversa-Saccá (1912), em pomares de laranja e mexerica plantados em solos ácidos da região de Cubatão, no estado de São Paulo. Esse autor denominou essa deficiência como “chlorose da laranjeira”, apoiando-se em trabalhos da época, que demonstravam a presença do Mg na molécula de clorofila. Os sintomas de deficiência de Mg ocorrem comumente em folhas maduras e são caracterizados por clorose internerval com aspecto de “V” invertido, a qual se inicia nas margens das folhas e progride para todo o limbo foliar (Figura 1). Outros sintomas, como queda prematura das folhas, com prejuízos à qualidade dos frutos, também podem ser observados.

O aumento da demanda de Mg pelos pomares cítricos pode ser justificado por: (i) cultivo em solos ácidos e intemperizados, nos quais os teores de Mg trocáveis são inerentemente baixos e o elemento compete com outros cátions presentes, em especial o potássio (K); (ii) perda da qualidade dos frutos, principalmente aqueles destinados à indústria; (iii) aumento do uso da fertirrigação, o que promove maior percolação de cátions no perfil do solo, como cálcio (Ca) e Mg, e maior acidificação da região do bulbo úmido, o que reduz a disponibilidade de Mg; e



(iv) mudanças climáticas, cada vez mais frequentes e associadas a temperaturas extremas do ar, como ondas de calor, as quais, conseqüentemente, aumentam a foto-oxidação das plantas.



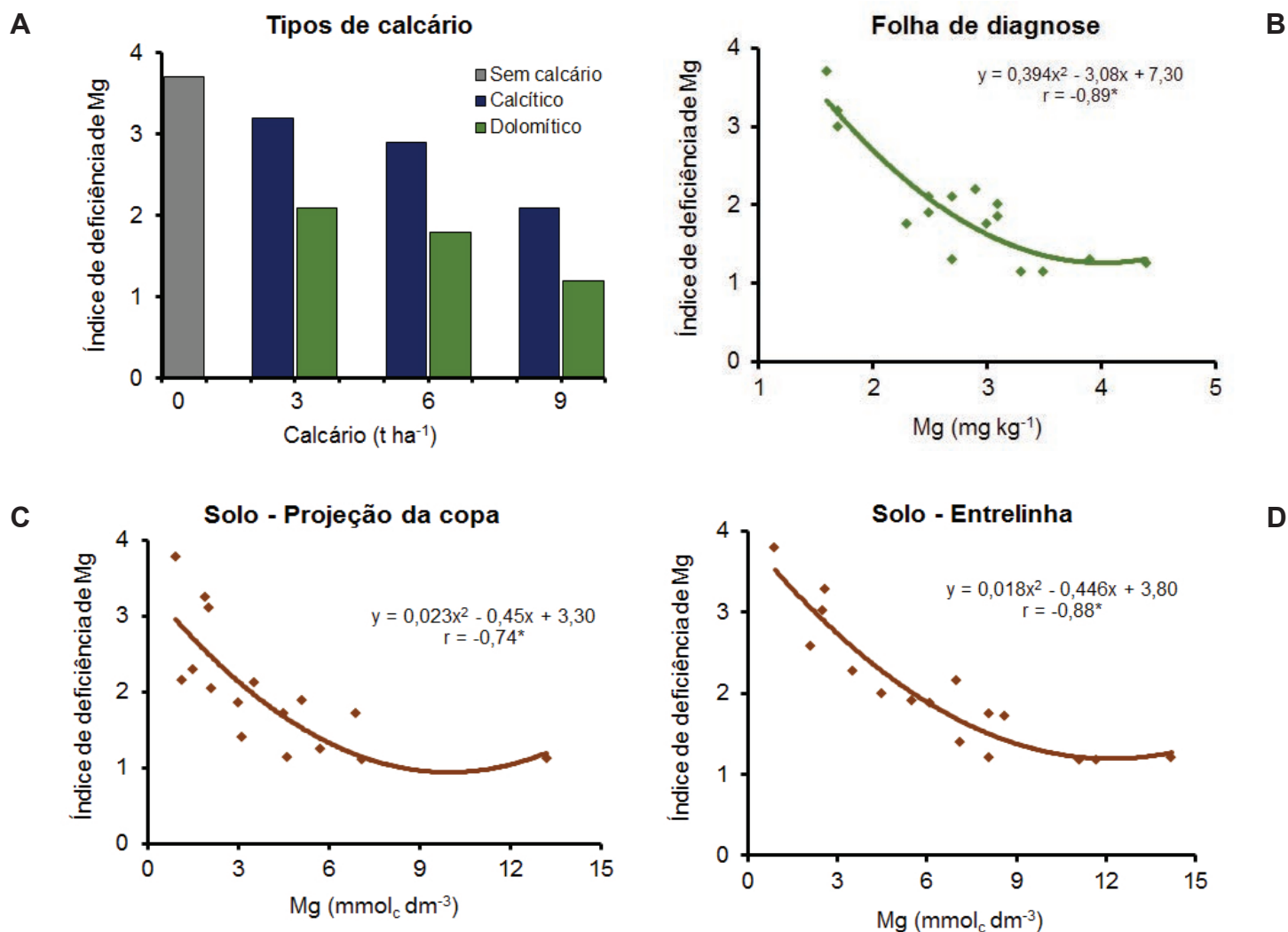
**Figura 1.** Sintomas de deficiência de Mg em folhas de laranjeira. A: folhas destacadas de laranjeiras com diferentes níveis de deficiência de Mg; B: ramos de laranjeira em pomar comercial deficiente em Mg.

**Crédito das fotos:** (A) Dirceu de Mattos Jr.; (B) Rodrigo M. Boaretto.

## 2. CRITÉRIOS PARA A DIAGNOSE DA DISPONIBILIDADE DE MAGNÉSIO EM POMARES CÍTRICOS

A citricultura brasileira está estabelecida, em sua maior parte, em solos ácidos, desprovidos de bases trocáveis, como Ca e, especialmente, Mg, que se perde mais rapidamente no processo de acidificação dos solos. De modo geral, as plantas cítricas são sensíveis aos solos ácidos, e a deficiência de Mg é frequentemente observada em decorrência dos baixos teores do nutriente no solo associados ao excesso de outros íons, como K, que competem com ele no processo de absorção. A absorção de Mg pelas folhas ou raízes ocorre na forma de  $Mg^{2+}$  e o nutriente é considerado móvel no floema, portanto, pode ser redistribuído dos órgãos velhos (folhas velhas e raízes) para aqueles em desenvolvimento (folhas novas, flores e frutos). Contudo, a mobilidade do Mg varia em função da espécie, do estado nutricional e do órgão pelo qual foi absorvido (MENGEL; KIRKBY, 2005).

Antes dos anos 1990, as curvas de calibração que relacionam a produtividade dos citros aos teores de Mg nas folhas e no solo ainda não estavam estabelecidas no Brasil, e a interpretação dos resultados das análises químicas era realizada com base em critérios utilizados em outros países. A partir dos trabalhos pioneiros desenvolvidos por Quaggio (1991) e Quaggio et al. (1992), combinando diferentes doses de calcário calcítico e dolomítico, foram definidos os valores de saturação por bases no solo para a obtenção de maior produtividade dos citros e estabelecidas as primeiras curvas de interpretação dos diferentes níveis de Mg no solo (Figura 2). Essas curvas também demonstraram que tanto a análise de solo quanto a de folhas são bons indicativos da disponibilidade de Mg para os citros. Esses trabalhos ainda indicaram haver grande amplitude de variação nos sintomas visuais da deficiência de Mg em função das diferentes doses de calcário calcítico e dolomítico aplicadas. De acordo com o grau desses sintomas, foram atribuídas notas, que variaram de 1 a 4, respectivamente, para plantas normais e para plantas com sintomas severos de deficiência, estes últimos caracterizados por folhas com deficiência na metade superior da copa das plantas. Observa-se na Figura 2A que o grau de deficiência de Mg depende do tipo e da dose de calcário. O calcário calcítico foi pouco eficiente como fonte de Mg, com exceção da dose máxima ( $9 \text{ t ha}^{-1}$ ). Por outro lado, o calcário dolomítico, já na menor dose ( $3 \text{ t ha}^{-1}$ ), foi bastante eficiente como fonte de Mg. As notas de deficiência também apresentaram relação estreita com os teores foliares de Mg: quando o teor foliar do nutriente foi maior do que  $3,5 \text{ mg kg}^{-1}$ , praticamente não existiram sintomas visuais de deficiência (Figura 2B). Do mesmo modo, observaram-se relações estreitas entre as notas de deficiência de Mg e os teores do nutriente no solo: quando os teores de Mg foram superiores a  $9 \text{ mmol dm}^{-3}$  os sintomas foliares de deficiência foram inexistentes. Contudo, essa relação foi ainda mais estreita quando a amostragem de solo foi feita na rua, o que demonstra que as raízes foram capazes de explorar as entreli-



**Figura 2.** Índice de deficiência de Mg em função da quantidade e fonte de calcário aplicada (A), da concentração foliar de Mg (B) e dos teores de Mg disponíveis no solo, em dois locais de amostragem: na projeção da copa (C) e na entrelinha (D). A severidade dos sintomas variou de 1 (plantas sem sintomas) a 4 (plantas com sintomas severos de deficiência de Mg).

**Fonte:** Adaptada de Quaggio (1991).

nhas das plantas e absorver o Mg que, nessa região, é menos sujeito à acidificação, às perdas por lixiviação e à competição com outros cátions, especialmente K (Figuras 2C e 2D).

### 3. INFLUÊNCIA DO MAGNÉSIO NA PRODUTIVIDADE E NA QUALIDADE DOS CITROS

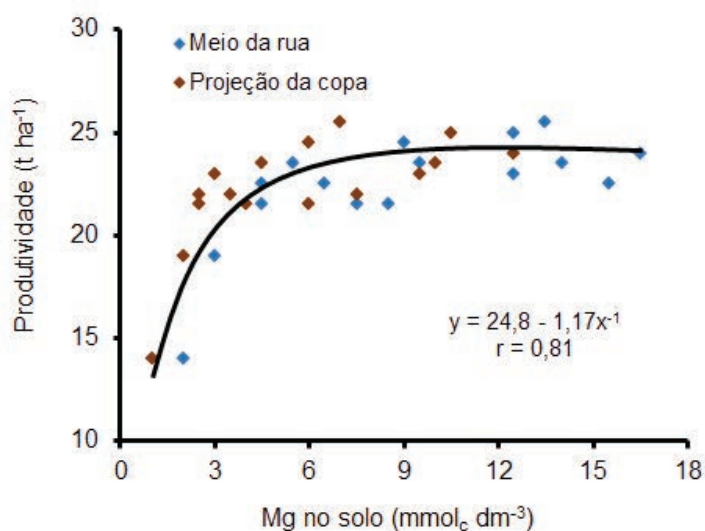
Como mencionado anteriormente, o aumento de produtividade pode intensificar o desbalanço nutricional nos pomares quando a adubação não é manejada adequadamente, em especial aquela relacionada a micronutrientes e Mg.

O calcário dolomítico é uma das principais fontes de Mg para os pomares de laranja, e a máxima produtividade das plantas pode ser obtida quando os teores de Mg no solo são superiores a 9 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> (Figura 3) (QUAGGIO et al., 1992). Outra forma de se fornecer Mg para os citros é utilizar fontes fertilizantes de maior solubilidade, como o sulfato de magnésio, o nitrato de magnésio e o duplo/poli sulfato con-

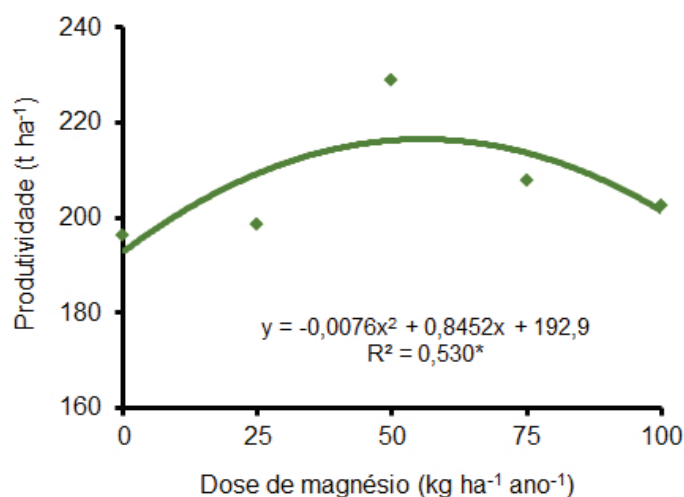
tendo Mg. Em pomar comercial de laranja Valência de alta produtividade verificou-se diferenças na produção das laranjeiras em função das doses de Mg, onde a máxima produtividade foi observada com a dose próxima a 50 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de Mg (Figura 4) (BOARETTO et al., 2015).

Os atuais ganhos em produtividade não tem se traduzido necessariamente em ganhos de qualidade da fruta, tanto na produção de suco concentrado (FCOJ – *frozen concentrated orange juice*) quanto na de suco não concentrado (NFC – *not from concentrated*). Segundo dados da CitrusBR (Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos; [www.citrusbr.com](http://www.citrusbr.com)), até a década passada eram necessárias cerca de 230 caixas (40,8 kg) para se produzir uma tonelada de FCOJ (66 °Brix) (caixas t<sup>-1</sup>). No entanto, nos últimos anos esse valor subiu para cerca de 265 caixas t<sup>-1</sup> de FCOJ. Esse menor rendimento industrial vem forçando a indústria produtora de suco a remunerar os citricultores de forma diferenciada, prática pouco comum no passado. Ainda que de forma tímida, atualmente existem





**Figura 3.** Curva de resposta de produtividade da laranja Valência aos teores de Mg no solo (média de quatro safras).  
**Fonte:** Adaptada de Quaggio (1991).



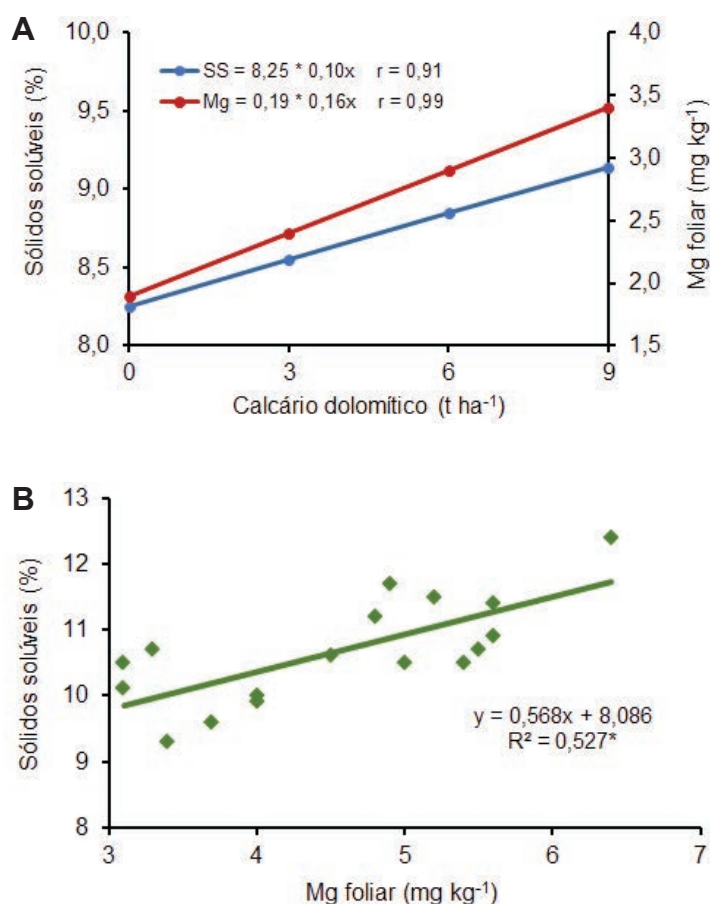
**Figura 4.** Correlação entre doses de Mg aplicadas ao solo e produtividade da laranja Valência (média de quatro safras).  
**Fonte:** Adaptada de Boaretto et al. (2015).

contratos nos quais são dadas bonificações aos produtores em função da qualidade da fruta.

O Mg influencia o balanço de carboidratos entre a fonte e os drenos, representados pelas raízes, flores e frutos (HERMANS et al., 2005). Desse modo, a concentração do nutriente está relacionada ao acúmulo de açúcares no fruto. Em estudo sobre o efeito de fontes e doses de calcário na produção de laranja (QUAGGIO et al., 1992) verificou-se que o acréscimo na dose de calcário dolomítico aumentou de forma linear a disponibilidade de Mg para os citros, bem como a concentração de sólidos solúveis (°Brix) nos frutos (Figura 5A). Resultados semelhantes foram observados entre o teor de Mg foliar e a porcentagem de sólidos solúveis em frutos cítricos quando se utilizou uma fonte solúvel de Mg aplicada ao solo (Figura 5B) (BOARETTO et al., 2015).

#### 4. FERTIRRIGAÇÃO E DEFICIÊNCIA DE MAGNÉSIO

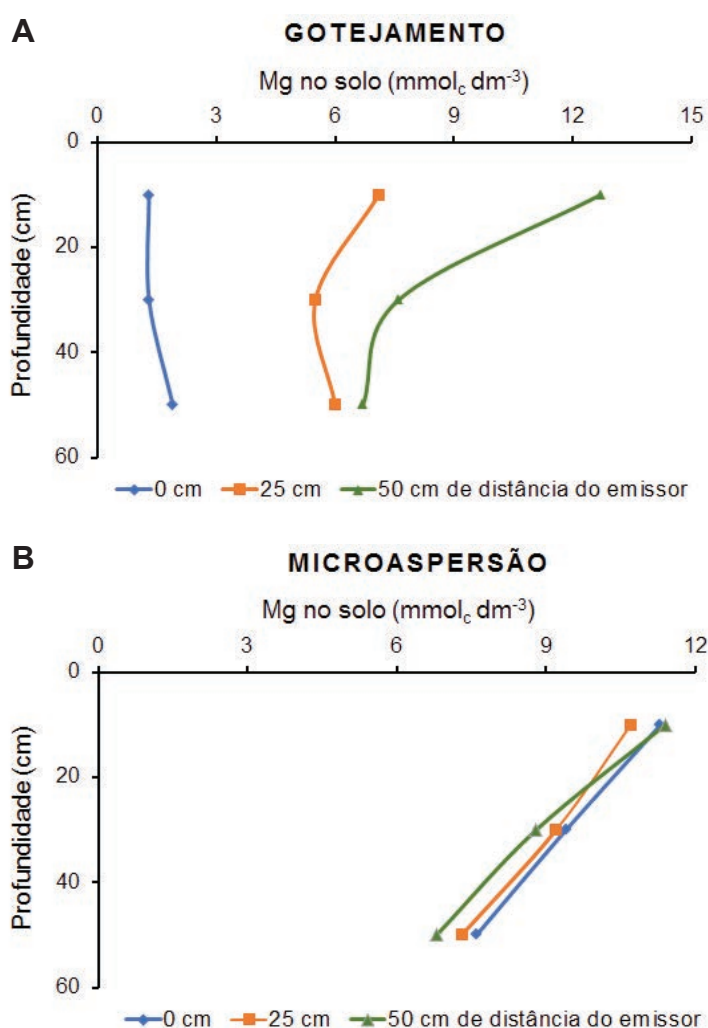
A fertirrigação – prática que vêm crescendo na citricultura brasileira – é outro fator que pode intensificar a deficiência de Mg nos pomares cítricos. Em 1999, antes da ocorrência da morte súbita dos citros, apenas 1,5% da área ocupada pela citricultura paulista era irrigada (PIRES et al., 2011). Contudo, a estimativa é que essa área, atualmente, represente aproximadamente 30% dos pomares plantados no estado de São Paulo (FUNDECITRUS, 2019). Além da maior produtividade das plantas, outras razões podem acentuar a deficiência de Mg nos pomares fertirrigados, em especial naqueles por gotejamento, destacando-se: maior quantidade de água que percola através do perfil do bulbo úmido, maior acidificação da área molhada e maior suscetibilidade a desequilíbrios nutricionais.



**Figura 5.** Correlação entre doses de calcário dolomítico, teores foliares de Mg e porcentagem de sólidos solúveis em frutos de laranja (A) e relação entre teor foliar de Mg e porcentagem de sólidos solúveis em frutos de laranja (B).

**Fontes:** (A) adaptada de Quaggio et al. (1992); (B) adaptada de Boaretto et al. (2015).

Em pomar de citros, Laurindo et al. (2010) compararam dois sistemas de irrigação – microaspersão e gotejamento – e verificaram que quando se utilizou o sistema de gotejamento, no qual a aplicação da água ocorre em uma região localizada, a concentração de Mg no solo foi decrescente nos sentidos vertical e horizontal do solo, a partir do ponto de emissão de água pelos gotejadores, devido à maior quantidade de água que percola através do perfil do solo, promovendo maior deficiência de Mg (Figura 6A). Já no sistema de microaspersão, no qual a aplicação de água ocorre em uma área maior do solo, não foram observadas diferenças nos teores de Mg em função das distâncias do ponto de maior precipitação do emissor (Figura 6B).

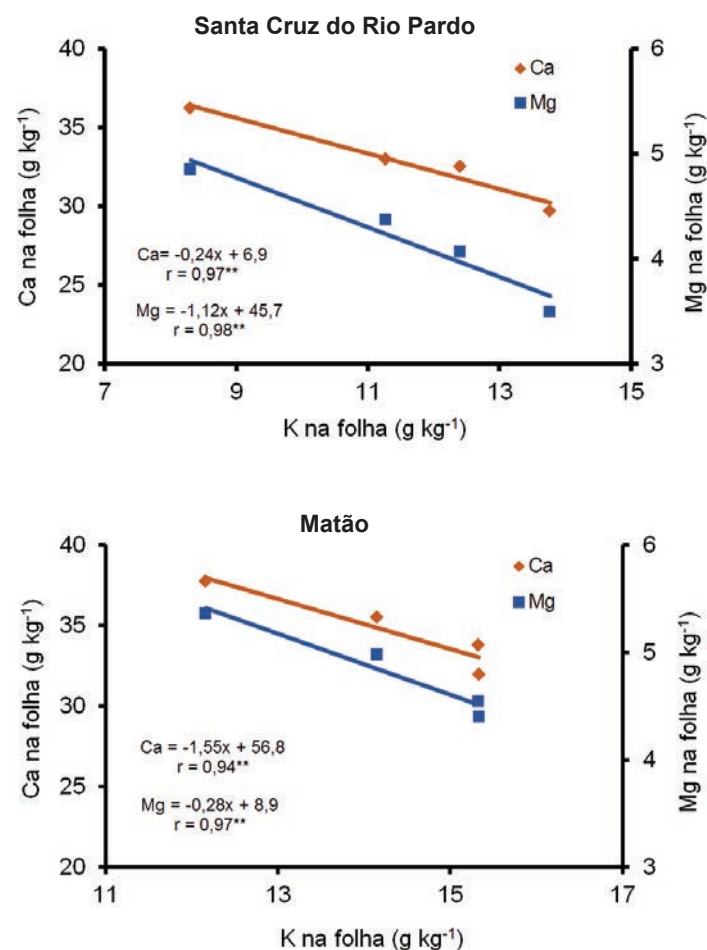


**Figura 6.** Teores de Mg no solo, em pomar fertirrigado de citros, nas camadas 0-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm de profundidade do solo a 0 cm, 25 cm e 50 cm de distância do ponto de maior precipitação do emissor.

**Fonte:** Adaptada de Laurindo et al. (2010).

Os ganhos em produtividade das áreas fertirrigadas tem levado ao aumento das doses de K, entretanto, o aumento na adubação potássica pode favorecer um desbalanço nutricional na planta. Quaggio et al. (2011), avaliando a utilização de doses crescentes de  $\text{K}_2\text{O}$  (0, 100, 200 e 300  $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) na produção e qualidade de frutos em pomares de laranjeiras Pêra

e Valência, em duas regiões do estado de São Paulo (Santa Cruz do Rio Pardo e Matão), verificaram que o aumento na dose de K reduziu as concentrações de Ca e Mg foliares, devido a um desequilíbrio de cátions trocáveis no solo e consequente redução na absorção de Ca e Mg pelas plantas cítricas (Figura 7).



**Figura 7.** Efeito da adubação potássica no teor de Ca e Mg em folhas de laranjeira, em dois locais no Estado de São Paulo.

**Fonte:** Adaptada de Quaggio et al. (2011).

A fertirrigação por gotejamento favorece maior acidificação da região do bulbo úmido, e uma das formas de contornar esse problema é a utilização de fontes fertilizantes menos acidificantes, em especial aquelas nitrogenadas à base de nitrato. O nitrato de cálcio é uma fonte estratégica para utilização em pomares fertirrigados, pois, além de fornecer o N em uma forma menos acidificante, supre a planta com Ca solúvel, nutriente de extrema importância para a cultura. As plantas cítricas são uma das poucas espécies cultivadas que apresentam teor foliar de Ca superior ao de N. Em contrapartida aos benefícios que o nitrato de Ca pode proporcionar aos pomares fertirrigados de citros, essa fonte de fertilizante pode intensificar os problemas de deficiência de Mg, sendo necessárias aplicações extras de Mg para suprir a demanda da planta (Figura 8).

## 5. POSSÍVEL PAPEL DO MAGNÉSIO NA MITIGAÇÃO DE EFEITOS CLIMÁTICOS EXTREMOS

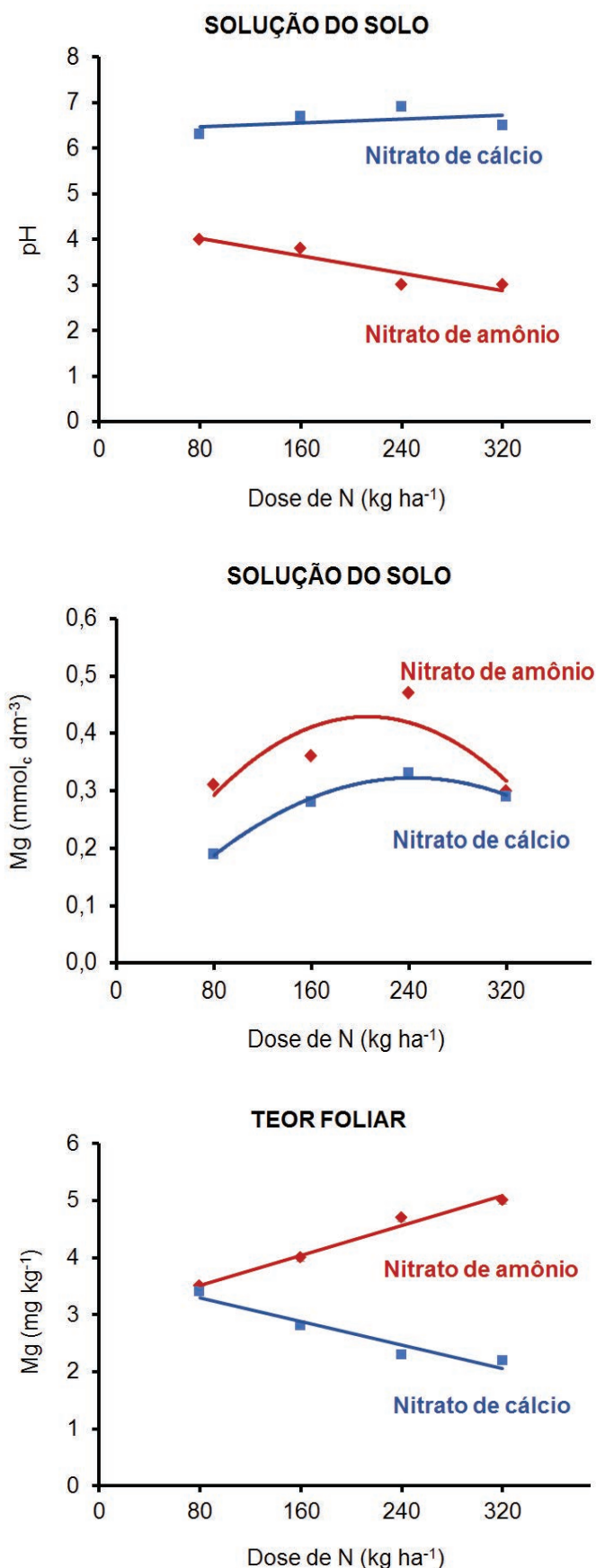
Estima-se que as mudanças climáticas que vêm ocorrendo nos últimos anos resultaram em perdas de até 60 milhões de caixas de frutos cítricos por ano. Na principal região brasileira produtora de citros, tem sido comum a ocorrência de eventos climáticos extremos, como ondas de calor, as quais chegam a ter duração de 4 a 10 dias, com temperaturas máximas acima de 40 °C e baixa umidade do ar. Quando esses eventos ocorrem durante os estádios iniciais de florescimento e de frutificação podem promover o abortamento de flores e queda de chumbinhos, e quando acontecem em etapas mais avançadas de desenvolvimento dos frutos é comum ocorrer a queima da casca, em especial naqueles frutos localizados na face oeste da planta, que ficam expostos ao sol da tarde, causando ainda danos às vesículas de suco (Figura 9). Ambas as situações podem acarretar perdas, tanto de produtividade quanto de qualidade.

Neste sentido, o manejo otimizado do Mg pode minimizar o impacto da alta radiação e temperatura, uma vez que este nutriente está diretamente relacionado com a integridade das clorofilas e com a ativação de enzimas relacionadas à fotossíntese e ao sistema antioxidante (CAKMAK; KIRKBY, 2008). Em estudo com plantas de citros expostas à alta radiação luminosa, Boaretto et al. (2018) demonstraram que a adubação suplementar com Mg aumentou a tolerância das plantas ao estresse térmico, as trocas gasosas foliares, a assimilação de CO<sub>2</sub> e a eficiência de carboxilação instantânea, indicando que a planta foi mais eficiente no uso da energia luminosa capturada e na fixação de CO<sub>2</sub>. Além disso, as plantas bem nutridas em Mg apresentaram maior ativação de enzimas envolvidas na desintoxicação das espécies reativas de oxigênio (EROs), como a superóxido dismutase (SOD), que reduz o O<sub>2</sub><sup>-</sup> para H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, que em seguida é transformado em H<sub>2</sub>O e ½O<sub>2</sub> por outras enzimas, como a glutatona redutase, a qual tem a sua atividade aumentada com o aumento do suprimento de Mg para a planta (Figura 10). Os resultados dessa pesquisa indicam que uma suplementação extra de Mg proporciona às plantas maior tolerância às condições de estresses bióticos e abióticos.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS

Nos novos cenários da citricultura, nos quais se buscam pomares mais produtivos já nos primeiros anos após o plantio, o Mg oriundo do calcário pode não ser suficiente para atender a demanda da cultura, sendo necessária a complementação do nutriente com outras fontes fertilizantes para a manutenção da produtividade.

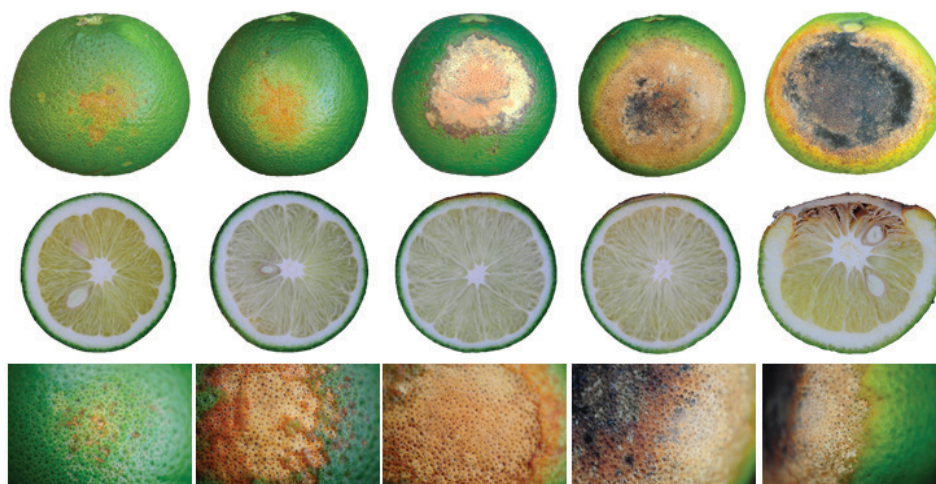
A adubação foliar com Mg tem sido uma prática comumente utilizada para corrigir a deficiência do nutriente, principalmente pela facilidade de aplicação e pela possibilidade de se adicionar o fertilizante a outros produtos na calda de



**Figura 8.** Valores de pH e teores de Mg na solução do solo e nas folhas de laranjeiras tratadas com diferentes doses e fontes de nitrogênio, em diferentes doses aplicadas via fertirrigação.

**Fonte:** Adaptada de Quaggio et al. (2014).



**A****B**

**Figura 9.** Impactos do excesso de radiação solar em árvores de laranjeira. (A) Frutos da face oeste (sol da tarde) de laranjeira com queimaduras de sol. (B) Frutos de laranjeira com diferentes intensidades de queimadura por sol.

**Crédito das fotos:** (A) Rodrigo Marcelli Boaretto; (B) Dirceu de Mattos Jr.

pulverização. Atualmente, o Grupo de Nutrição dos Citros, do Instituto Agronômico de Campinas (IAC), recomenda a aplicação de 7 a 10 kg de  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  para cada 2.000 L de calda de pulverização. A aplicação de fontes solúveis de Mg no solo também pode ser uma estratégia interessante para o fornecimento do nutriente, contudo, essa prática requer um conhecimento prévio do pomar, em função do potencial de resposta à aplicação do nutriente e da economicidade dessa recomendação.

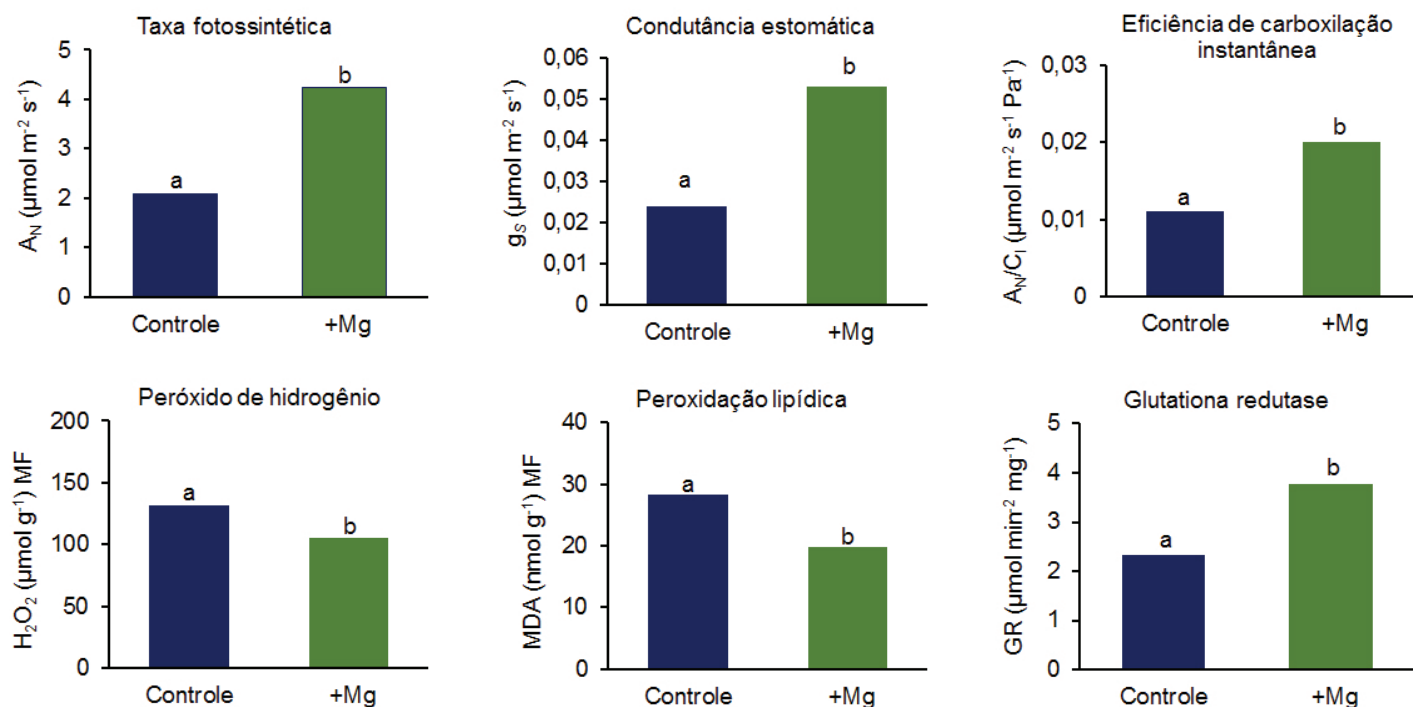
De acordo com o Grupo, a produtividade dos citros é maximizada com teores de Mg superiores a  $9 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$  no solo e na faixa de 3,5 a  $5,0 \text{ g kg}^{-1}$  nas folhas. Atualmente, o Grupo vem desenvolvendo uma série de estudos que visam o melhor entendimento da ocorrência de desordens nutricional

nas citros causadas pela deficiência de Mg, com base na relação entre absorção e estado nutricional das plantas. Essas respostas, correlacionadas a parâmetros bioquímicos e fotossintéticos, poderão explicar os prejuízos causados pela deficiência de Mg na produtividade e na qualidade de frutos. Estabelecida essa nova base de informação, as recomendações de adubação com Mg para os citros poderão conter critérios específicos, com maior grau de certeza, o que, consequentemente, contribuirão para a eficiência produtiva dos pomares.

## 7. REFERÊNCIAS

AVERNA-SACCÁ, R. A chlorose da laranjeira e de outras plantas nas terras ferruginosas. *Boletim de Agricultura*, São Paulo, v. 13, p. 129-50, 1912.





**Figura 10.** Resposta do suprimento complementar de Mg nos parâmetros fisiológicos e bioquímicos em plantas de citros expostas à alta radiação luminosa.  $A_N$  = assimilação de  $\text{CO}_2$ ;  $g_s$  = condutância estomática;  $A_N/C_i$  = eficiência de carboxilação instantânea;  $\text{H}_2\text{O}_2$  = peróxido de hidrogênio; MDA = malonaldeído; GR = glutaciona redutase.

**Fonte:** Adaptada de Boaretto et al. (2018).

BOARETTO, R. M.; HIPPLER, F. W. R.; FERREIRA, G.; QUAGGIO, J. A.; AZEVEDO, R. A.; MATTOS-Jr., D. Thinking about climate changes: how can magnesium and nitrogen supply alleviate oxidative stress and physiological damages in lemon trees during warmer days? In: INTERNATIONAL MAGNESIUM SYMPOSIUM, 3., 2018, Guangzhou, China. **Proceedings...** International Magnesium Institute, 2018.

BOARETTO, R. M.; MATTOS-Jr., D.; QUAGGIO, J. A. Interação entre potássio e magnésio na nutrição dos citros. In: SEMANA DA CITRICULTURA, 37., 2015, Cordeirópolis: Centro de Citricultura Sylvio Moreira/IAC, 2015.

CAKMAK, I.; KIRBY, E. A. Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating photooxidative damage. **Physiologia Plantarum**, v. 133, p. 692-704, 2008.

FUNDECITRUS. Fundo de Defesa da Citricultura. **Pesquisa de estimativa de safra - PES**. Disponível em: < <http://www.fundecitrus.com.br/pes> >. Acesso em 5 maio 2019.

HERMANS, C.; BOURGIS, F.; FAUCHER, M.; DELROT, S.; STRASSER, R. J.; VERBRUGGEN, N. Magnesium deficiency in sugar beet alters sugar partitioning and phloem loading in young mature leaves. **Planta**, v. 220, p. 441-449, 2005.

LAURINDO, V. T.; SILVA, G. O.; PAVANI, L. C.; QUAGGIO, J. A. Padrão de distribuição de  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  e P no solo de um pomar de citros em função da fertirrigação. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 5, p. 909-921, 2010.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. London: Kluwer Academic, 2001. p. 849.

NEVES, M. F.; TROMBINI, V. G. **Anuário da Citricultura 2017**. 1º ed. São Paulo: CitrusBR, 2017. p. 57.

PIRES, R. C. M.; BODINE Jr., D.; SAKAI, E.; VILLAR, H. L.; SILVA, T. J. A.; ARRUDA, F. B. Effect of trickle irrigation on root development of the wet bulb and pera orange tree yield in the state of São Paulo, Brazil. **Engenharia Agrícola**, v. 31, p. 1096-1103, 2011.

QUAGGIO, J. A. **Repostas da laranjeira Valencia (Citrus sinensis L. Osbeck) sobre limoeiro Cravo (Citrus limonia L. Osbeck) a calagem e ao equilíbrio de bases num latos-solo vermelho escuro de textura argilosa**. 1991. 107 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.

QUAGGIO, J. A.; TEOFILO SOBRINHO, J.; DECHEN, A. R. Magnesium influence on fruit yield and quality of Valencia sweet Orange on Rangpur lime. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF CITRICULTURE CONGRESS, 7., 1992, Acireale. **Proceedings...** Acireale: International Society of Citriculture, 1992. p. 633-637.

QUAGGIO, J. A.; MATTOS Jr., D.; BOARETTO, R. M. Sources and rates of potassium for sweet orange production. **Scientia Agrícola**, v. 68, p. 369-375, 2011.

QUAGGIO, J. A.; SOUZA, T. R.; ZAMBROSI, F. C. B.; BOARETTO, R. M.; MATTOS Jr., D. Nitrogen-fertilizer forms affect the nitrogen-use efficiency in fertigated citrus groves. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 177, p. 404-411, 2014.

VERBRUGGEN, N.; HERMANS, C. Physiological and molecular responses to magnesium nutritional imbalance in plants. **Plant and Soil**, v. 368, p. 87-99, 2013.