

# UM ESTUDO DE CASO EM CITRUS: 6 ANOS DE ADUBAÇÃO EM DOSE FIXA E VARIADA

Luis Gustavo Mendes<sup>1</sup>; Marcelo Chan Fu Wei<sup>2</sup>; José Paulo Molin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Eng<sup>o</sup> Agrônomo, Mestre - Engenharia de Sistemas Agrícolas, USP/ESALQ - Piracicaba/SP. luis.gustavo.mendes383@gmail.com / ; <sup>2</sup>Eng<sup>o</sup> Agrônomo, Mestrando - Departamento de Engenharia de Biossistemas, USP/ESALQ - Piracicaba/SP; <sup>3</sup>Eng<sup>o</sup> Agrícola, Professor - Departamento de Engenharia de Biossistemas, USP/ESALQ - Piracicaba/SP

Apresentado no  
**Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão- ConBAP 2022**  
Campinas, SP, 09 a 11 de agosto de 2022

**RESUMO:** As tecnologias de agricultura de precisão auxiliam na gestão dos insumos nas culturas, buscando a sua otimização, maiores lucratividades e sustentabilidade de toda a cadeia produtiva. Algumas tecnologias vêm sendo avaliadas na citricultura resultando na otimização de aplicações de insumos em doses variadas. O objetivo deste trabalho foi comparar o efeito dos tratamentos da aplicação de calcário, nitrogênio, fósforo e potássio em doses fixas (DF) e variadas (DV) na produtividade em pomares de laranja ao longo de seis safras. O estudo foi conduzido entre os anos de 2011 e 2017 em dez talhões de aproximadamente 25 ha cada localizados na fazenda Rio Pardo, município de Iaras, SP (22°57'03,5"S; 48°39'37,4"W). O tratamento em DV não reduziu os volumes de aplicação de P, K e N quando comparadas às aplicações do tratamento DF, porém as eficiências produtivas foram maiores no tratamento em doses variadas. Os valores médios de produtividade no tratamento DV foram superiores em quatro safras.

**PALAVRAS-CHAVE:** laranja; larga escala; otimização de insumos

## A CASE STUDY IN CITRUS: 6 YEARS OF FERTILIZATION AT VARIABLE AND FIXED RATE

**ABSTRACT:** Precision agriculture assists the management of crop inputs, seeking its optimization, providing a greater profitability and sustainability of the entire production chain. Some technologies have already been evaluated in citrus, resulting in the optimization of inputs applications in variable rate. Thus, the objective of the work was to compare the effect of applying limestone, nitrogen, phosphorus and potassium at fixed (DF) and variable rate (DV) in orange orchards yield over six seasons. The study was conducted between 2011 and 2017 in ten plots of approximately 25 ha each located on the Rio Pardo farm, Iaras, SP (22°57'03.5 "S; 48°39'37.4" W). The DV treatment did not reduce the application volumes of P, K and N when compared to the DF treatment applications. However, the productive efficiencies were higher in the treatment in variable rates using precision agriculture concepts in the applications. The average values of productivity in the DV treatment were higher in four crops.

**KEYWORDS:** input optimization; large scale; orange

**INTRODUÇÃO:** As aplicações de insumos químicos em citros no Brasil baseiam-se em recomendações de décadas passadas, como de Raij et al. (1997), além da sua aplicação ser realizada de forma uniforme desconsiderando possíveis variabilidades intra-talhão. Entretanto, ciente de que a agricultura de precisão (AP) definida como uma estratégia de manejo que auxilia tomadores de decisão a partir da variabilidade predita do conjunto de dados espaciais, temporais e individuais coletados, processados e analisados (ISPA, 2019), torna-se necessário considerar a variabilidade inerente à cultura e local de implementação para que sejam tomadas as melhores decisões relacionadas à sua produção corroborando com os objetivos da AP, que buscam aprimorar o uso dos recursos, aumentar a produtividade, qualidade, retorno econômico e sustentabilidade de sua produção (ISPA, 2019). Apesar disso, na citricultura, poucos trabalhos como de Colaço e Molin (2017) foram realizados no Brasil e no mundo, avaliando o efeito da adoção de doses fixas e variadas na produtividade. Colaço e Molin (2017) realizaram um estudo de seis anos em dois talhões de laranja, com 25 ha cada, avaliando a sua produtividade em relação a doses fixas (DF) e variadas (DV) de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). Trabalharam com arranjo de duas fileiras para cada tratamento ao longo dos dois talhões e concluíram que o tratamento em doses variadas resultou em maior eficiência no uso de insumos e produtividade de frutos. Diante

disso, sabendo que a adoção de técnicas de AP na citricultura ainda é baixa e que existem poucos estudos avaliando o efeito da aplicação de insumos em dose fixa e variada na produtividade de frutos de laranja, torna-se oportuno investigar o efeito da aplicação de insumos em DF e DV na produtividade de pomares de laranja em área total. A hipótese do trabalho é que a produtividade de frutos não será necessariamente afetada pela forma de aplicação de insumos, uma vez que a variabilidade intra-talhão pode ser mais ou menos acentuada dependendo do talhão. Dessa maneira, o objetivo do trabalho foi comparar o efeito dos tratamentos da aplicação de calcário, nitrogênio, fósforo e potássio em doses fixas e variadas na produtividade ao longo de seis safras em pomares de laranja.

**MATERIAIS E MÉTODOS:** O estudo foi conduzido entre os anos de 2011 e 2017 em dez talhões de aproximadamente 25 ha cada localizados na fazenda Rio Pardo, município de Iaras, SP (22°57'03,5"S; 48°39'37,4"W), com solo classificado como latossolo vermelho. Em 2008 foram implantados os pomares nos talhões de 1 a 8 com espaçamento entre fileiras de 6,8 m e entre plantas de 2,8 m. Em 2009 foram implantados os pomares nos talhões 9 e 10 com espaçamento entre fileiras de 6,8 m e entre plantas de 2,6 m. As variedades de copa utilizadas foram: (i) natal e (ii) valência e os porta-enxertos: (i) volkameriano e (ii) citrumelo swingle (Figura 1). Os dez talhões foram divididos em dois grupos para posteriormente receberem tratamento distintos, de dose fixa ou dose variada dos insumos químicos nitrogênio, fósforo, potássio e calcário (Figura 1).

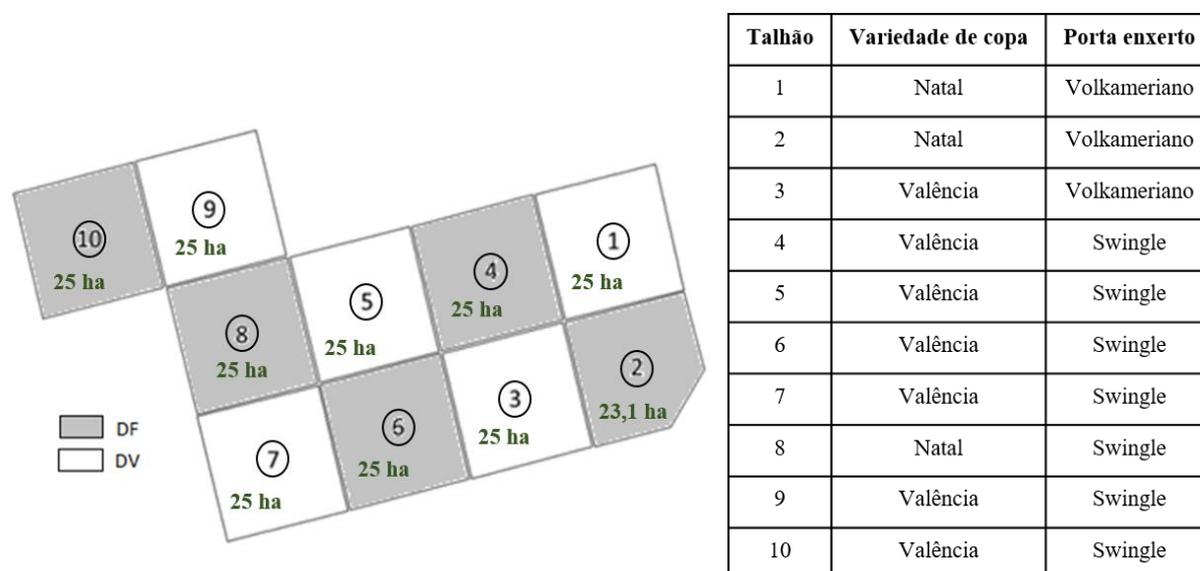


FIGURA 1. Distribuição dos talhões para condução de adubação de nitrogênio, fósforo, potássio e calcário à dose fixa (DF) e dose variada (DV) juntamente com a descrição da variedade de copa e porta-enxerto. **Plot distribution to conduct nitrogen, phosphorus, potassium and limestone fertilization at fixed (DF) and variable rate (DV) associated with the canopy and rootstock variety description.**

A amostragem de solo foi realizada anualmente entre os meses de abril e maio, após a aplicação das três parcelas de adubação, com uma grade amostral de uma amostra ha<sup>-1</sup> na profundidade de 0,2 m, sendo esta georreferenciada por um receptor GPS (Global Positioning System) de navegação modelo 62S (Garmin, Olathe, EUA) e composta por seis subamostras coletadas sob a projeção da copa das plantas em ambos os tratamentos. Entretanto, apenas para os talhões do tratamento DV, essa amostragem foi considerada para o cálculo das recomendações de adubação. Nos talhões do tratamento DF, as amostragens realizadas serviram para o monitoramento dos teores no solo e a adubação seguiu a recomendação de aplicação utilizada pela fazenda, guiada por uma amostra talhão<sup>-1</sup>, composta por 25 subamostras. As amostras de solo foram submetidas para análise química e física. A partir dos resultados das análises químicas do solo, foram calculadas as recomendações de aplicações de calcário, N, P e K para os dois tratamentos, DF e DV. As recomendações de calcário foram calculadas com o intuito de atingir o valor de saturação de bases em 70% (Raij et al., 1997) e as suas aplicações foram realizadas entre maio e junho. As adubações foram calculadas de forma distinta para os tratamentos: (a) DF, calculado segundo Raij et al. (1997) e (b) DV, calculado segundo Colaço e Molin (2017). Para que fosse possível a aplicação em taxa variável, foi necessário gerar os mapas de recomendação

a partir da análise geoestatística pelo programa Vesper 1.6 (University of Sidney, Sidney, AU) para posterior interpolação. A interpolação foi realizada adotando o seguinte critério considerando a dependência espacial entre as amostras: (a) presença (krigagem ordinária pelo programa Vesper 1.6 (University of Sidney, Sidney, AU) e (b) ausência (inverso da distância pelo programa QGIS (Open Source Geospatial Foundation, Beaverton, USA). Apesar das recomendações serem distintas, todas as aplicações foram parceladas em três vezes para os dois tratamentos: 1ª parcela (N, P e K) entre setembro e outubro, 2ª parcela (N, P e K) entre novembro e dezembro e 3ª parcela (N e K) entre fevereiro e março. A aplicação dos insumos nos tratamentos DV e DF foi realizada com a máquina adubadora de arrasto modelo Komander HD Full (Kamaq, Araras, BR) com um controlador hidráulico de vazão e um monitor para leitura dos mapas de recomendação Vcom 5.6 (Verion, Guarulhos, BR). Na aplicação nos talhões DF o recurso de taxa variada não era utilizado e a máquina era devidamente regulada para as doses fixas demandadas. O delineamento do experimento foi inteiramente casualizado composto por dois tratamentos e cinco repetições em uma série temporal de seis anos. Prosseguiu-se com o teste de comparações de média de Tukey a um nível de 5 % de significância para avaliar o efeito dos tratamentos na produtividade dos pomares de laranja. Toda a análise estatística foi realizada no programa R (R Core Team, 2018).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os valores médios de N, P, K e calcário aplicados por tratamento e ano são apresentados na Figura 2. Os valores médios de N aplicados em DV, em valores absolutos, foram superiores aos da DF apenas em duas safras, enquanto que a quantidade média de P e calcário aplicada em DV foi superior à DF em quatro safras. Os valores médios aplicados de K foram superiores na DV em todas as safras. Considerando apenas a aplicação de insumos em DF e DV obtêm-se a percepção de que a DV promoveu um maior uso de insumos ocasionando em um aumento nas despesas da lavoura, que não é aceita por muitos, à primeira vista, como apresentado por Mattoso e Garcia (2006). Em relação aos insumos aplicados, o tratamento em doses variadas não proporcionou reduções no uso de fertilizantes nitrogenados e potássicos, contrastando com os encontrados na literatura por Aggelopoulou et al. (2010), Faulin (2010) e Colaço e Molin (2017). Entretanto, ressalta-se que a aplicação da DF e DV foram recomendadas por métodos distintos, ou seja, para efeito de comparação entre DF e DV é necessário avaliar a sua produtividade, que é o resultado das aplicações, e não observar apenas os valores absolutos aplicados. Para o caso do potássio, os maiores valores aplicados no tratamento DV pode estar relacionado com as equações de recomendações antigas utilizadas e a dinâmica deste elemento no solo, principalmente quanto à imobilização e fixação, o que acarreta na dificuldade de seu mapeamento sendo encontradas grandes variações em curtas distâncias. Para o caso do calcário, as maiores aplicações podem estar relacionadas a necessidade de elevação dos teores de V% para níveis altos na cultura da laranja (Raij et al., 1997), uma vez que nos primeiros anos do experimento os teores no solo estavam baixos necessitando de doses maiores deste elemento.

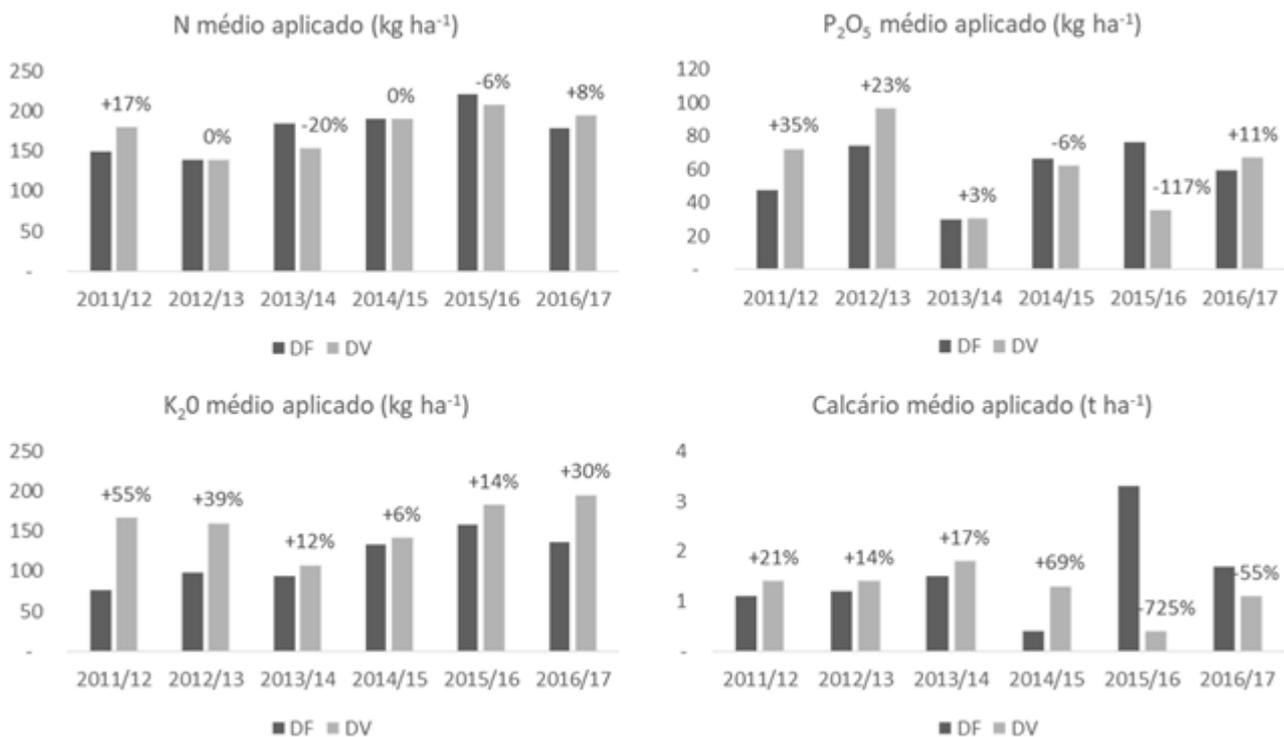


FIGURA 2. Valor médio de insumos aplicados nos tratamentos DF e DV durante seis anos e diferenças das quantidades aplicadas no tratamento DV em comparação ao DF. **Average total amounts of inputs applied in DF and DV treatments over six years and differences in quantities applied in DV treatment compared to DF.**

A partir dos valores médios de produtividade apresentados na Figura 3, independentemente do tratamento, observa-se um aumento gradual ao longo da safra, resultado esperado uma vez que os pomares em fase de crescimento tendem a produzir mais frutos por planta ao longo do tempo. Todas as safras estudadas apresentaram diferença estatística ao nível de 5% de significância entre seus tratamentos. As safras 2012/2013, 2013/2014, 2015/2016 e 2017/2018 apresentaram valores médios de produtividade no tratamento DV superiores à DF em aproximadamente 26%, 7%, 16% e 21% respectivamente. Enquanto que nas safras 2014/2015 e 2016/2017, os valores médios de produtividade no tratamento DF apresentaram valores estatisticamente superiores que o tratamento em DV em aproximadamente 18% e 13%, respectivamente. Colaço e Molin (2017) também apresentaram aumentos em produtividade da ordem de 13,1% em áreas que receberam o tratamento em doses variadas, porém analisando as produtividades dos tratamentos, em dois dos quatro anos avaliados os autores também obtiveram produtividades menores para este tratamento. As produtividades do tratamento DV se mantiveram mais homogêneas nos talhões que receberam doses variadas ao longo dos anos, assim como apresentado por Lopes (2010). Observando as Figuras 2 e 3 percebe-se que quando as aplicações de N foram superiores nos tratamentos com DF, as suas produtividades médias apresentaram resultados significativamente superiores à DV. Este fato pode ser explicado uma vez que o N é um elemento extremamente importante e relacionado com a produtividade da cultura da laranja cultivada em solos tropicais (Cantarella et al., 2003). No entanto, o mesmo não acontece para K e P. Isto deve ter ocorrido porque K e P apresentam maior importância para as características qualitativas dos frutos de laranja ao invés das características quantitativas (Quaggio et al., 2006).

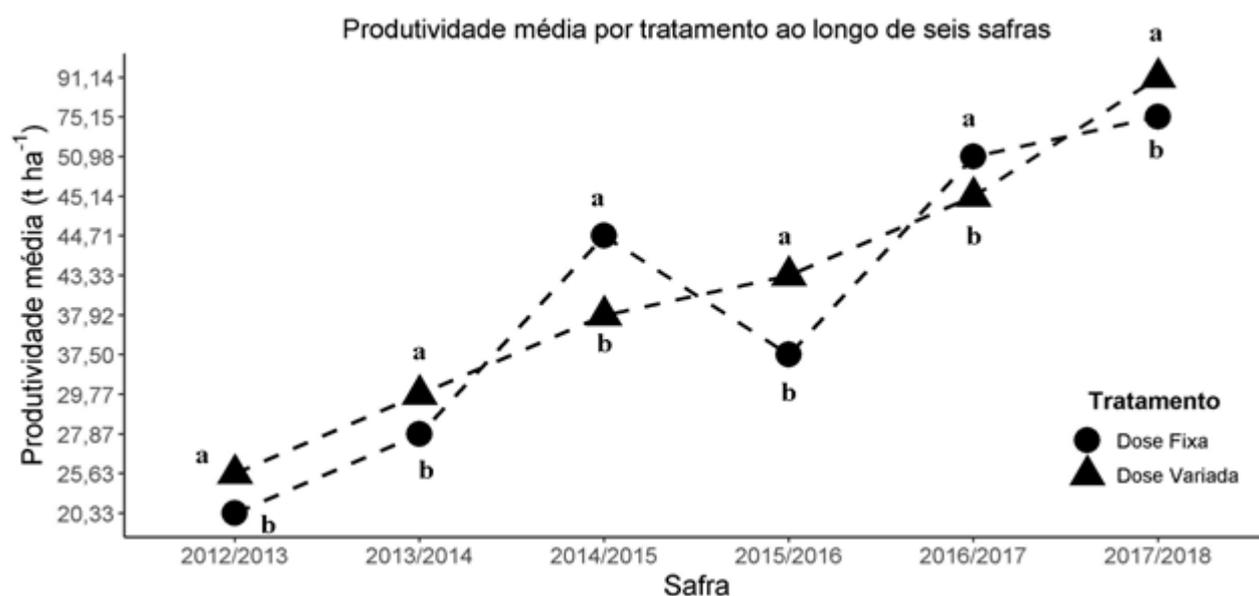


FIGURA 3. Produtividade média de laranjas ( $t\ ha^{-1}$ ) por tratamento (dose fixa e variada) ao longo de seis safras. Letras minúsculas diferentes por safra significam que as produtividades médias foram estatisticamente diferentes entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de comparação múltipla de Tukey. **Average orange productivity ( $t\ ha^{-1}$ ) per treatment (fixed and variable rate) over six crops. Different lower case letters per harvest mean that the average yields were statistically different at the 5% level of significance by Tukey's multiple comparison test.**

A eficiência dos fertilizantes, como utilizado por Colaço e Molin (2017), é a razão entre os valores da produtividade em cada tratamento e quantidade aplicada de cada insumo. De maneira geral, o tratamento em DV utilizou maiores quantias de fertilizantes, porém também produziu maiores quantidades de frutas de laranja. Os fertilizantes nitrogenados foram utilizados de maneira mais eficiente no tratamento DV em todos os anos do experimento avaliado, sendo 19% mais eficiente na conversão de nitrogênio para quilos de laranja por hectare no ano de 2014/15. Os fertilizantes fosfatados apresentaram menores eficiências nos três primeiros anos do experimento (Figura 4) e maiores eficiências a partir da safra de 2014/15. Uma hipótese seria que o nível baixo desse elemento no solo fez que com fossem necessárias maiores aplicações deste nutriente nos anos iniciais (Figura 3) a fim de suprir a demanda do solo. No caso dos fertilizantes potássicos, com exceção do ano de 2014/15, todas as eficiências foram maiores no tratamento DF. Entretanto, apesar do uso mais eficiente de P e K, de modo geral, nas doses variáveis, deve-se lembrar que estes elementos são mais relacionados aos aspectos qualitativos do que quantitativos dos frutos, como já estudado por Quaggio et al. (2006). O calcário seguiu uma tendência de menores eficiências nos quatro primeiros anos do tratamento DV, uma vez que, para atingir maiores teores no solo foram necessárias maiores aplicações iniciais e a partir do ano 2015/16 em diante sua eficiência foi maior no DV.



FIGURA 4. Eficiência do uso de fertilizantes e corretivos nos tratamentos à dose fixa (DF) e variada (DV). **Fertilizers and soil amendments use efficient under fixed (DF) and variable rate (DV).**

**PERSPECTIVAS FUTURAS:** As regressões utilizadas para o cálculo das equações de recomendação de adubação utilizadas na metodologia desse trabalho, de Rajj et al. (1997), são genéricas e globais e merecem ser revistas e substituídas por recomendações locais, que contemplem particularidades presentes nos pomares comerciais das diversas regiões produtoras, ou mesmo em nível de unidade de produção (fazenda). Além disso, sugere-se também realizar análises qualitativas dos frutos por tratamento, uma vez que existe um apelo por frutos com melhores qualidades sensoriais analisando características como teor de Brix, porcentagem de suco e acidez.

**CONCLUSÃO:** O tratamento em DV não reduziu os volumes de aplicação de P, K e N quando comparado às aplicações do tratamento DF, porém as eficiências produtivas foram maiores no tratamento em doses variadas. Os valores médios de produtividade no tratamento DV foram superiores em quatro safras.

#### REFERÊNCIAS

AGGELOPOULOU, K. D.; PATERAS, D.; FOUNTAS, S.; GEMTOS, T. A.; NANOS, G. D. Soil spatial variability and site-specific fertilization maps in an apple orchard. **Precision Agriculture**, v. 12, p. 118–129, 2011.

CANTARELLA, H.; MATTOS Jr., D.; QUAGGIO, J.A.; RIGOLIN A.T. Fruit yield of Valencia sweet orange fertilized with different N sources and the loss of applied N. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 67, p. 215-223, 2003.

COLAÇO, A. F. & MOLIN, J. P. Variable rate fertilization in citrus: a long term study. **Precision Agriculture**, v. 18, p. 169-191, 2017.

FAULIN, G.D.C. *Influência da adubação em doses variadas na produtividade e no estado nutricional da cultura do café*. 2010. 103 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brasil.

INTERNATIONAL SOCIETY OF PRECISION AGRICULTURE (ISPA). Precision Ag Definition. Disponível em: < <https://ispag.org/about/definition>>.

LOPES, F. de A. *Adubação em doses variadas em citros*. 2010. 76 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brasil.

MATTOSO, M. J. & GARCIA, J. C. Análise econômica da agricultura de precisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2., 2006, São Pedro, SP. *Anais...* Piracicaba: USP: ESALQ, 2006.

QUAGGIO, J.A.; MATTOS Jr., D., CANTARELLA, H. Fruit yield and quality of sweet oranges affected by nitrogen, phosphorus and potassium fertilization in tropical soils. **Fruits**, v. 61, p. 293-302, 2006.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. Ed. Campinas: IAC, 1997. 279p. (IAC. Boletim Técnico, 100)