

BALANÇO DE NUTRIENTES NA ADUBAÇÃO A TAXAS VARIÁVEIS EM POMARES DE CITROS

CAIO J. D. DE OLIVEIRA¹, LUIS G. MENDES², ANDRÉ F. COLAÇO³, JOSÉ P. MOLIN⁴

¹ Engº Agrônomo, USP/ ESALQ, Piracicaba – SP, Fone: +5519983294606, oiacionathan@gmail.com

² Engº Agrônomo, Mestrando, Lab. de Agricultura de Precisão, Depto. Engenharia de Biosistemas, USP/ESALQ, Piracicaba – SP, Fone: +551934478551, luis.gustavo.mendes383@gmail.com

³ Engº Agrônomo Dr, CSIRO, Waite Campus, Glen Osmond, Austrália, Fone: +61 8 83038427, andre.colaco@csiro.au

⁴ Engº Agrícola, Professor, Lab. de Agricultura de Precisão, Depto. Engenharia de Biosistemas, USP/ESALQ, Piracicaba – SP

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão- ConBAP 2018
Curitiba, Paraná, 2 a 4 de outubro de 2018

RESUMO: A agricultura de precisão oferece conceitos e ferramentas que buscam otimizar a utilização de insumos e promover a sustentabilidade econômica e ambiental de sistemas de produção agrícola. O objetivo deste trabalho é avaliar e comparar o balanço de nutrientes entre a aplicação de fertilizantes em dose fixa e em doses variáveis, estimando entradas e saídas de nutrientes no sistema de produção da cultura da laranja. O trabalho foi conduzido em uma unidade de produção de laranja para a indústria, em Iaras, SP, onde foram selecionadas oito áreas de 25 ha cada, quatro com tratamento em doses fixas (DF) e outras quatro com tratamento em doses variadas (DV). Foram calculadas anualmente as quantidades de fósforo e potássio presentes no solo, fornecidas via adubação e exportadas na colheita em 25 pontos em cada área, entre os anos de 2011 e 2016. A utilização da adubação em doses variáveis promoveu redução na aplicação de fósforo, aumento na dose ofertada de potássio e obteve a maior produtividade ao final dos seis anos, resultando em menor saldo de fósforo e maior saldo de potássio no solo. Os resultados mostram que o cálculo do balanço de nutrientes se mostrou efetivo na mensuração do saldo dos elementos no sistema, mas não permitiu estabelecer relação entre as entradas, saídas e o saldo de potássio. Fatores como perdas do nutriente no solo e quantidade imobilizada nas estruturas das plantas devem ser incorporados nas análises para melhor compreensão.

PALAVRAS-CHAVE: adubação, doses variadas, gerenciamento

NUTRIENT BALANCE OF VARIABLE RATE FERTILIZATION IN CITRUS

ABSTRACT: Precision agriculture offers concepts and tools that seek the optimization of inputs use, promoting the economic and environmental sustainability of agricultural production systems. The objective of this work is to evaluate and compare the balance of nutrients between the application of fertilizers in fixed dose and in variable doses, estimating inputs and outputs of nutrients in the orange crop system. The work was conducted at an orange production for the industry in Iaras, SP, Brazil, where eight areas of 25 ha each were selected, four with fixed dose (DF) treatment and four with variable doses (DV). The amounts of phosphorus and potassium present in the soil, supplied by fertilization and exported at harvest were calculated annually in 25 points in each area, between 2011 and 2016. The use of fertilization in variable doses promoted a reduction in the application of phosphorus, an increase in the potassium dose offered and obtained the highest productivity at the end of the six years, resulting in a lower balance of phosphorus and a higher balance of potassium in the soil. The results show that the calculation of nutrient balance was effective in the measurement of nutrient surplus in the system, however, it did not provide insight about the relationship between the inputs, outputs and the potassium balance. Factors such as soil nutrient losses and immobilized amount in plant structures should be incorporated into the analyzes for better understanding.

KEYWORDS: fertilizing, variable rates, management

INTRODUÇÃO

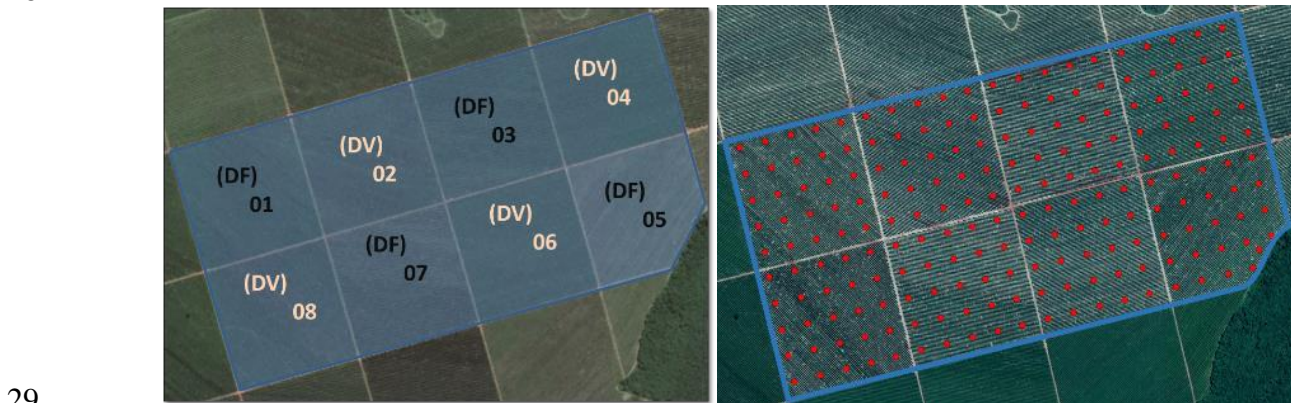
A otimização na utilização de insumos é um dos objetivos para o emprego das ferramentas da agricultura de precisão no gerenciamento das lavouras. MOLIN & MASCARIN (2007), por meio da

1 elaboração de mapas de produtividade, observaram variabilidade espacial na produção de laranja, que
2 possibilitou a determinação de regiões de diferente potencial dentro de uma mesma área. Neste contexto, o
3 fornecimento de fertilizantes em doses localizadas pode aumentar o aproveitamento das culturas, reduzir
4 impactos ambientais e otimizar os recursos utilizados. COLAÇO & MOLIN (2017) testaram a utilização da
5 adubação em doses variadas em pomares de citros e concluíram que o tratamento resultou em reduções na
6 aplicação de potássio se comparado a aplicação com apenas uma dose por talhão, além de apresentar maior
7 eficiência no fornecimento de fósforo quando este é feito com doses localizadas. Contudo, não foi avaliada a
8 eficiência da utilização de doses variadas com base no balanço de nutrientes. CUNHA et al. (2014) afirmam
9 que a análise do balanço de nutrientes em um longo período permite avaliar a utilização do uso de fertilizantes
10 na agricultura e relacionar os avanços da produção com a adubação. DU et al. (2008) concluíram em seu
11 trabalho com citrus que a utilização da adubação com doses variadas juntamente a outras ferramentas da
12 agricultura de precisão resultou em benefícios ao meio ambiente, com reduções de poluições não pontuais de
13 até 92%. Benefícios da utilização da aplicação de fertilizantes em doses variadas também foram observadas
14 por LOPES (2010), em seu trabalho, os resultados mostraram que o tratamento localizado resultou em
15 economia no fornecimento de fósforo e potássio e melhorias no rendimento da cultura, visto que a ferramenta
16 promove melhor atendimento das demandas do solo e da planta. O objetivo deste trabalho é avaliar e comparar
17 o balanço de nutrientes entre a aplicação de fertilizantes em dose fixa e em doses variáveis, estimando entradas
18 e saídas de nutrientes na cultura da laranja.

19 MATERIAL E MÉTODOS

20 O cálculo do balanço de nutrientes foi realizado a partir de uma série de dados de amostragem de solo,
21 adubação e produtividade, entre os anos de 2011 a 2016, coletados em uma unidade de produção de laranja
22 destinada à indústria, localizada no município de Iaras, SP. O delineamento estatístico utilizado foi o
23 inteiramente casualizado, com dois tratamentos, sendo um com doses variáveis (DV) e um com dose fixa (DF),
24 com quatro parcelas de 25ha cada, totalizando oito repetições. As amostragens de solo foram realizadas em
25 grade regular de 1 amostra ha⁻¹ em todos os anos de experimento, retirando-se seis subamostras à profundidade
26 de 0,2 m, totalizando assim 200 pontos amostrais, como mostra a Figura 1.

27



28

29 FIGURA 1. Croqui experimental dos talhões de tratamento com dose fixa (DF) e dose variável (DV), em Iaras,
30 SP.

31

32

33 O resultado das análises de solo é o parâmetro inicial para o cálculo do balanço de nutrientes e permite
34 estimar o estoque dos elementos no início do ano agrícola. Nos talhões que receberam o tratamento com dose
35 fixa, a recomendação para a adubação foi feita a partir de uma única amostra retirada em cada talhão de 25 ha.
36 Em um Sistema de Informação Geográfica (SIG) foi gerado um buffer de diâmetro de 35 m ao redor de cada
37 um dos pontos de coleta de solo e obtida a produtividade média para cada uma dessas áreas com base nos
38 mapas de produtividade (Figura 2). Os mapas de produtividade foram criados segundo a metodologia de
39 georreferenciamento dos sacolões proposto por MOLIN & MASCARIN (2007)

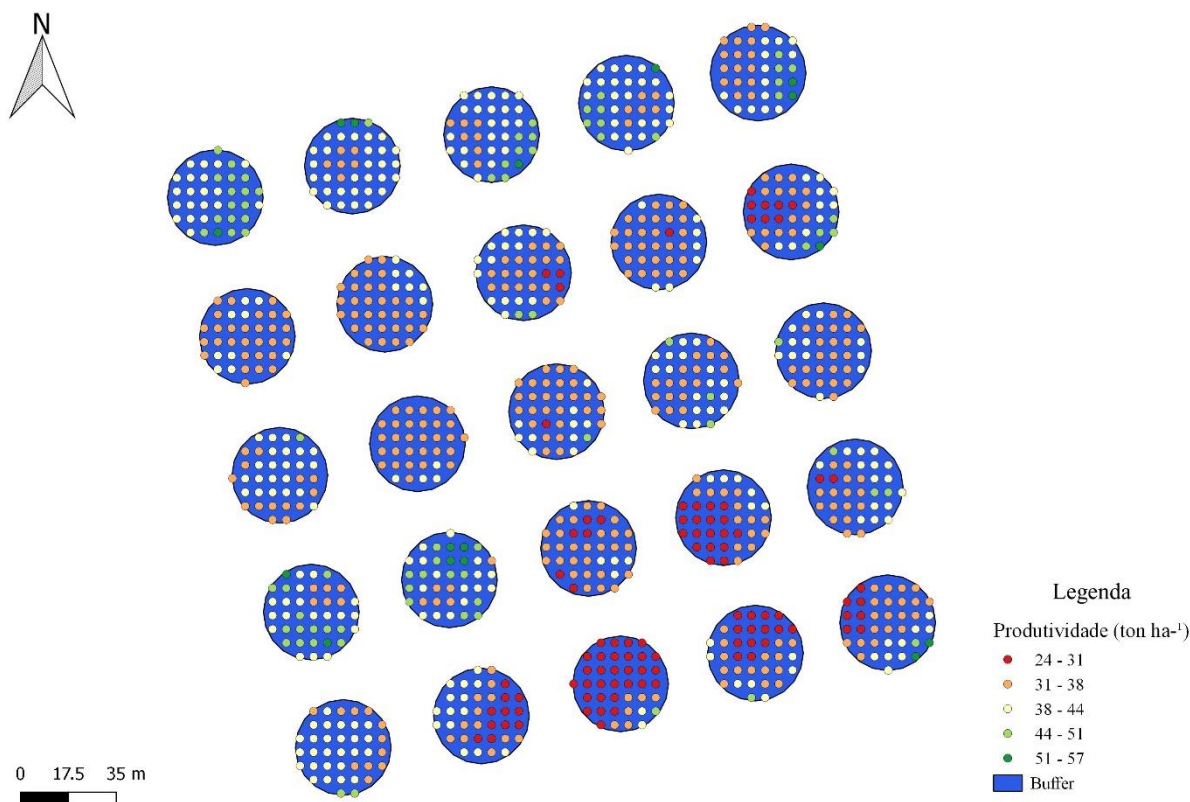


FIGURA 2. Método proposto para atribuição da produtividade média de cada um dos pontos amostrais no ano e 2012 para as áreas experimentais em Iaras, SP.

A Equação 1 traz o cálculo do saldo de nutrientes de um determinado ano, que corresponde à soma entre o estoque obtido do ano anterior e o que foi introduzido por meio de insumos menos o que foi exportado pela cultura na colheita.

$$S = E + I - C \quad (1)$$

em que: S – saldo de nutrientes no solo do ano agrícola (kg ha^{-1}); E – estoque de nutrientes no solo no início do ano agrícola (kg ha^{-1}); I – entrada de nutrientes no solo, via adubação, durante o ano agrícola (kg ha^{-1}); C – exportação de nutrientes do solo, via colheita, ao final do ciclo produtivo no ano agrícola (kg ha^{-1}). A entrada dos nutrientes potássio e fósforo no sistema foi calculada por meio da obtenção da quantidade de cada um destes nos insumos aplicados. Assim, a entrada de nutrientes é dada por:

$$IK = KCl \times 0,58 \times 0,83016 \quad (2)$$

em que: IK – entrada de potássio no solo (kg ha^{-1}); KCl – dose de cloreto de potássio aplicada no solo (kg ha^{-1}).

$$IP = SS \times 0,18 \times 0,43642 \quad (3)$$

em que: IP – entrada de fósforo no solo (kg ha^{-1}); SS – dose de superfosfato simples aplicada no solo (kg ha^{-1}). A exportação de nutrientes no sistema foi estimada com base nas concentrações de nutrientes no produto colhido estabelecidas por BATAGLIA (1977) e utilizadas no balanço de nutrientes da agricultura brasileira por CUNHA et al. (2010). Logo, a exportação de fósforo e potássio no sistema é dada por:

$$CK = 1,5 \times Y \quad (4)$$

em que: CK – quantidade de potássio extraída na colheita (kg ha^{-1}); Y – produtividade da cultura (ton ha^{-1}).

$$CP = 0,2 \times Y \quad (5)$$

em que: CP – quantidade de fósforo extraída na colheita (kg ha^{-1}); Y – produtividade da cultura (ton ha^{-1}).

As análises do saldo de nutrientes de fósforo e potássio foram realizadas por meio de estatística descritiva e permitiram avaliar a variabilidade espacial e temporal do balanço de nutrientes em cada ano agrícola e ao fim de todo o período, por meio da comparação dos indicadores obtidos em cada um dos pontos amostrais das oito áreas experimentais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 traz os valores médios do saldo, dose e produtividade com o uso de fósforo e potássio para os dois tratamentos implementados nos oito talhões de produção de laranja.

TABELA 1. Saldo, dose e produtividade médios com o uso dos nutrientes fósforo e potássio para os tratamentos a dose fixa (DF) e dose variada (DV), entre os anos de 2012 e 2016, em Iaras, SP.

Tratamento	Saldo do nutriente (kg ha ⁻¹)		Dose média de P (kg ha ⁻¹)	Dose média de K (kg ha ⁻¹)	Produtividade Média (t ha ⁻¹)
	P	K			
DF	65,4	116,8	23,8	96,5	35,9
DV	64,3	177,6	20,3	122,6	37,9

Ao avaliar as entradas e saídas dos nutrientes no solo, observa-se que em média, o saldo de fósforo foi ligeiramente superior para os tratamentos com doses fixas, ao passo que os talhões que receberam diferentes doses apresentaram maior saldo de potássio. Nas áreas em que se utilizou de diferentes doses a produtividade final foi 5,6% maior. Sendo assim, quanto ao fósforo, o maior saldo nos talhões com tratamento com dose fixa pode estar diretamente relacionado ao maior fornecimento e menor extração, se comparado aos talhões com doses variadas. O maior saldo de potássio nos talhões com DV, no entanto, ocorreu mesmo com a maior exportação. Nesses talhões, o fornecimento de potássio foi maior para os tratamentos com variadas doses, o que pode estar relacionado ao valor de saldo observado. Os valores médios ao longo dos anos nos oito talhões (Tabela 2) detalham o panorama apresentado anteriormente.

TABELA 2. Dose e saldo médio de fósforo e potássio e produtividade média de cada um dos talhões ao longo de seis anos.

Talhão	Tratamento	Dose média (kg ha ⁻¹)		Produtividade Média (t ha ⁻¹)	Saldo médio (kg ha ⁻¹)	
		P	K		P	K
01	DF	23,0	95,6	34,4	64,0	118,8
02	DF	23,9	85,6	39,3	66,8	102,0
03	DF	25,0	102,9	30,0	64,0	126,2
04	DF	23,2	102,0	39,7	66,6	120,1
05	DV	22,0	133,7	38,1	41,1	168,7
06	DV	22,2	119,8	32,9	71,6	191,2
07	DV	18,7	118,4	38,9	68,7	177,4
08	DV	18,2	118,6	41,7	73,5	173,2

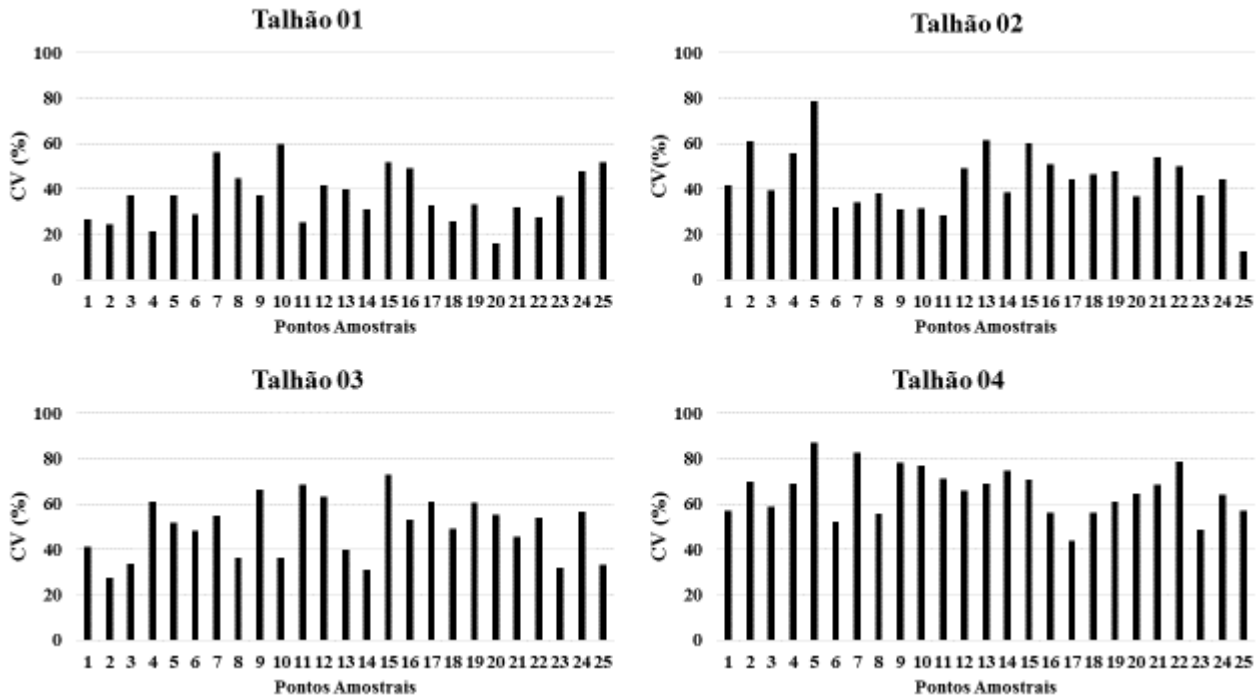
Os dados indicam que o fornecimento de potássio pode ainda apresentar desbalanço de acordo com a demanda da cultura mesmo quando da utilização de doses variadas, visto que o nutriente é o mais exigido pela cultura (BATAGLIA, 1977) e este possui alta mobilidade e potencial de perdas por lixiviação no solo. Logo, a metodologia aplicada pode não permitir o estabelecimento de relações mais concisas entre a entrada e saída do potássio em um sistema de produção de laranja, principalmente pela dinâmica do nutriente no solo e na planta. Observando-se apenas os efeitos dos tratamentos em cada uma das áreas, nota-se que para o caso do potássio, a utilização do fornecimento da adubação com doses variadas permitiu maior estoque de nutrientes nos talhões que receberam este tipo de tratamento. Para o fósforo, o mesmo cenário se repetiu, com exceção da área cinco, que apresentou o menor saldo ao longo dos seis anos. A comparação entre as doses médias de potássio e fósforo exigidas pela cultura e as doses fornecidas por meio da aplicação em doses fixas (Tabela 3) reforça os resultados apresentados acima quanto ao efeito dos tratamentos em cada uma das áreas.

TABELA 3. Doses médias exigidas e fornecidas de fósforo e potássio para o tratamento com dose fixa, entre os anos de 2012 e 2016, em Iaras, SP.

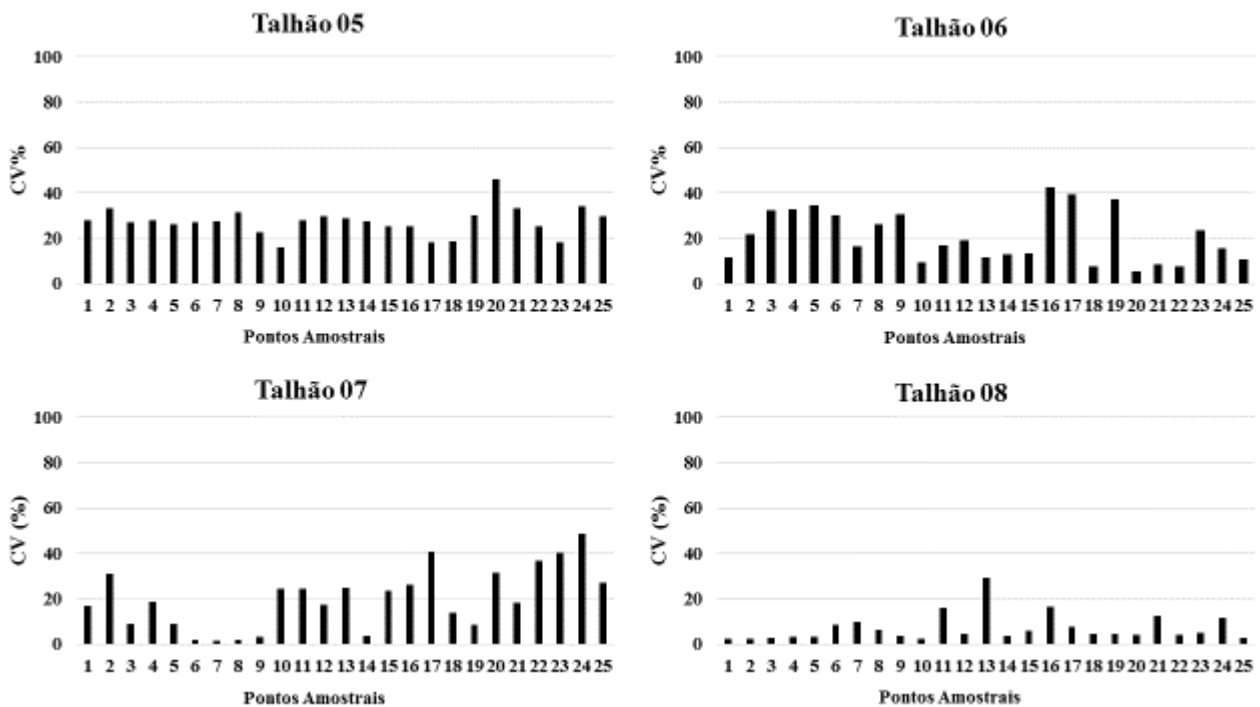
Nutriente	Dose média exigida pelas plantas (kg ha ⁻¹)	Dose média fornecida (kg ha ⁻¹)
P	28,5	23,8
K	145,1	96,5

Com a aplicação em dose fixa, o atendimento às necessidades das culturas esteve, em média, abaixo do exigido pelas plantas, com base nos resultados obtidos nos vinte e cinco pontos amostrais de cada uma das

1 áreas. Assim, nos talhões que receberam este tratamento, o saldo médio ao final do experimento foi menor em
 2 relação às demais áreas que receberam doses variadas.
 3 Buscando avaliar o aproveitamento em cada um dos pontos amostrais monitorados ao longo dos
 4 cinco anos de implementação do experimento, calculou-se o coeficiente de variação para os talhões que
 5 receberam dose fixa (DF) e dose variada (DV) (Figuras 3,4, 5 e 6).
 6



7
 8 FIGURA 3. Coeficiente de variação do saldo de fósforo nos pontos amostrais dos talhões que receberam
 9 tratamento com dose fixa (DF), entre os anos de 2012 e 2016, em Iaras, SP.
 10



11
 12 FIGURA 4. Coeficiente de variação do saldo de fósforo nos pontos amostrais dos talhões que receberam
 13 tratamento com doses variadas (DV), entre os anos de 2012 e 2016, em Iaras, SP.
 14
 15

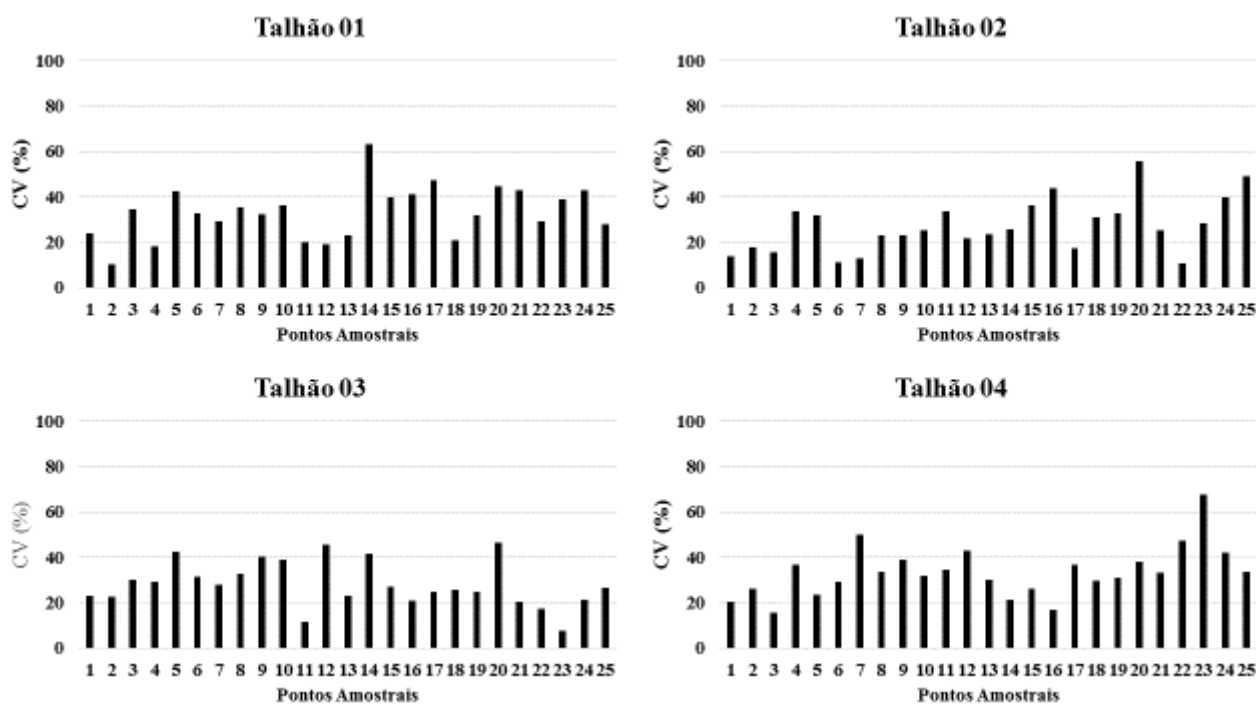


FIGURA 5. Coeficiente de variação do saldo de potássio nos pontos amostrais dos talhões que receberam tratamento com dose fixa (DF), entre os anos de 2012 e 2016, em Iaras, SP.

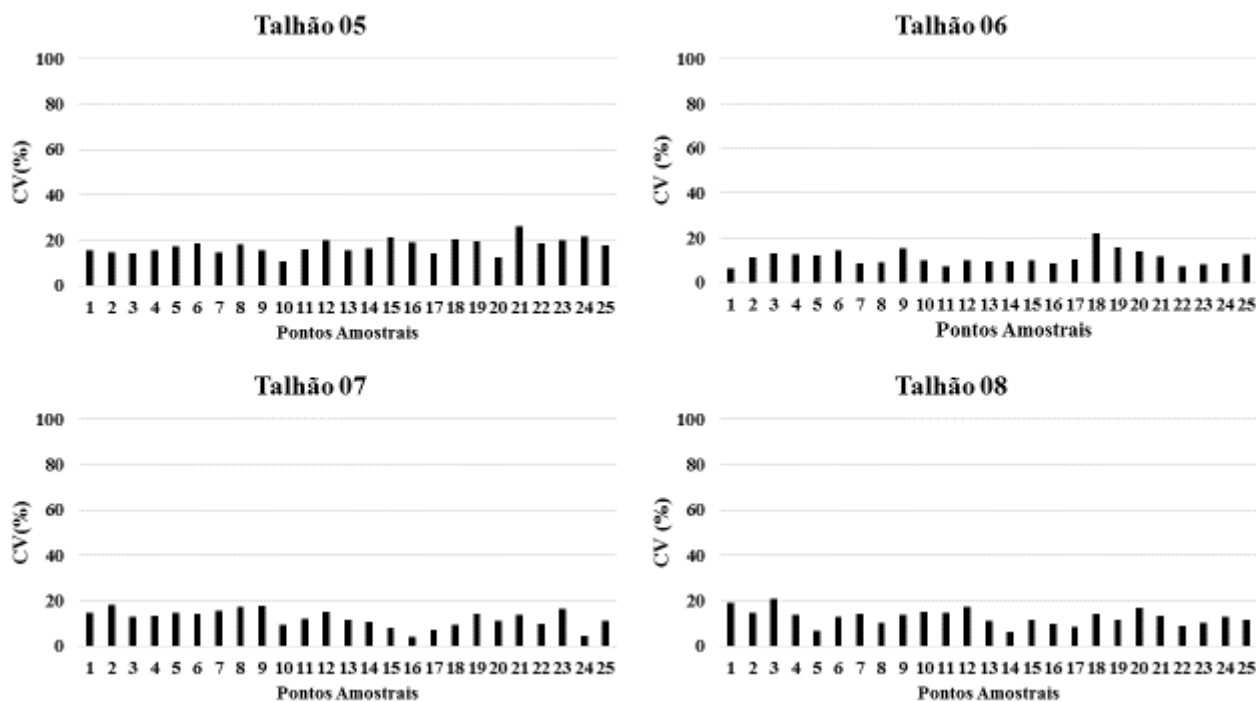


FIGURA 6. Coeficiente de variação do saldo de potássio nos pontos amostrais dos talhões que receberam tratamento com doses variadas (DV), entre os anos de 2012 e 2016, em Iaras, SP.

Os dados dos gráficos das figuras 3 a 6 mostram que, tanto para o fornecimento de fósforo como para o fornecimento de potássio, o coeficiente de variação do saldo do nutriente ao final do experimento foi maior para as áreas cujo tratamento foi DF. No caso do fósforo, o coeficiente de variação atingiu valores de até 80% nos talhões que receberam dose única, ao passo que nas áreas em que foram ofertadas diferentes doses, apenas 3% dos pontos apresentaram valores acima de 40%. Com relação a adubação potássica, nas áreas que receberam o tratamento DV, em 93% dos pontos o coeficiente de variação esteve abaixo dos 20%. Já para o tratamento DF, o percentual cai para 16%. O saldo de nutrientes nas áreas que receberam dose única pode ter apresentado maiores variações visto que o fornecimento poderia estar

1 aquém ou além da necessidade real da cultura, resultando ao final de cada ciclo em alterações mais
2 expressivas no estoque do nutriente no solo, como a redução do saldo médio para ambos os nutrientes ao
3 final do experimento. A adoção do tratamento localizado, no entanto permitiu menores variações e
4 aumento do estoque de fósforo e potássio no solo.

5 6 **CONCLUSÃO**

7 O cálculo do balanço de nutrientes, seguindo a metodologia apresentada neste trabalho, permitiu
8 estabelecer relação entre a dose de fósforo aplicada e a extração do elemento, indicada pela produtividade
9 final. Para o caso do potássio, a metodologia não permitiu estabelecer a relação de causa e efeito de modo
10 direto, principalmente pela alta extração do nutriente pela cultura e pela dinâmica deste no sistema solo-planta.
11 A menor oferta de fósforo por meio da adubação, visto que a utilização de doses variadas proporcionou redução
12 na oferta do nutriente, resultou em maior produtividade e maior saldo do nutriente ao final dos seis anos. Com
13 o aumento no fornecimento de potássio na adubação em doses variadas, os talhões apresentaram o maior saldo
14 de potássio ao final do experimento.

15 16 **REFERÊNCIAS**

- 17
18 BATAGLIA, O. C., RODRIGUEZ, O., HIROCE, R., GALLO, J. R., FURLANI, P. R., & FURLANI, A. M.
19 C. Composição mineral de frutos cítricos na colheita. **Bragantia**, 36(21), 215-221, 1977.
20 COLAÇO, A. F., & MOLIN, J. P. Variable rate fertilization in citrus: a long term study. **Precision**
21 **Agriculture**, 18(2), 169-191, 2017.
22 DU, Q., CHANG, N. B., YANG, C., & SRILAKSHMI, K. R. Combination of multispectral remote sensing,
23 variable rate technology and environmental modeling for citrus pest management. **Journal of Environmental**
24 **Management**, 86(1), 14-26, 2008.
25 CUNHA, J. F DA., FRANCISCO, E. A. B., CASARIN, V., & PROCHNOW, L. I. Balanço de Nutrientes na
26 Agricultura Brasileira – 2009 A 2012. **Informações agronômicas**, v.145, 2014.
27 LOPES, F. D. A. Adubação em doses variadas em citros. **Doctoral dissertation**, Universidade de São Paulo,
28 2010.
29 MOLIN, J. P., & MASCARIN, L. S. Colheita de citros e obtenção de dados para mapeamento da
30 produtividade. **Engenharia Agrícola**, 27(1), 259-266, 2007.
31