

AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO EM TAXA VARIÁVEL DE FERTILIZANTES SÓLIDOS.

DENNIS KASSIES¹; JOSÉ VITOR SALVI ².

¹ Discente em Mecanização em Agricultura de Precisão na FATEC Pompeia “Shunji Nishimura”, Pompeia-SP, Fone: (42) 988651997; dkassies.dk@gmail.com

² Docente do curso Mecanização em Agricultura de Precisão, FATEC Pompeia, Pompeia-SP.

RESUMO: As aplicações de mapas de taxa variável estão cada vez mais frequentes nos manejos de corretivos e fertilizantes, na agricultura suas aplicações são recomendadas na maioria vezes em cima de mapa de textura de solo ou até mesmo de produtividade. Quando a taxa variável é aplicada, podem existir alguns erros de super ou subdosagens. Esse trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho da distribuição de aplicação em taxa variável de fertilizantes sólidos por meio de mapas de recomendação, levando em consideração as doses kg ha^{-1} recomendada e aplicada. Para análise dos mapas recomendados e aplicados foi seguida a metodologia proposta por Colaço et al (2014), que descreve como visualizar os erros na dosagem de fertilizantes sólidos durante a aplicação. Para as condições deste estudo, a porcentagem de erro de taxa real aplicada foi de 19,25% dos pontos da área geral, porcentagem similar ao encontrado em bibliografias, que estipulam uma porcentagem de ... acima ou ... abaixo como o intervalo aceitável. Uma das possíveis fontes destes erros é devido a transição de taxa e estabilidade da esteira na entrada da linha, pois há um tempo para estabilização do sistema. Ao iniciar a passada o equipamento inicia o percurso com taxa zero e demanda alguns segundos para atingir a taxa recomendada, neste intervalo pode acontecer erros de dosagem, mesmo que a velocidade esteja constante como recomendada. Ao analisar os resultados do estudo observou-se mais pontos com erro $\leq -10\%$ de variação da taxa, porcentagem tolerada.

Palavras chave: Aplicação localizada. Agricultura de precisão. Qualidade de aplicação.

INTRODUÇÃO

A implantação da agricultura de precisão (AP) na produção agrícola é uma forma de otimizar os insumos, de acordo com a variabilidade espacial e com a demanda da cultura. O manejo desta variabilidade predomina com a prática de taxa variável em aplicações de insumos (fertilizantes e corretivos), realizando uma amostragem de solo seguindo parâmetros de variabilidade do ambiente (EARL et al., 2003; MOLIN et al., 2015).

É de grande importância saber os tipos de solos existentes nas propriedades, com essa informação a AP oferece ferramentas para melhorar o manejo da área (seja propondo uma metodologia de amostragem de solo, aplicação de fertilizantes, regulagens de máquinas e equipamentos de forma correta, conforme as condições do ambiente encontrado, entre outras práticas), com práticas cada vez mais aprimoradas (MOLIN et al., 2001).

A aplicação em taxa variável de insumos (fertilizantes e corretivos) com base em amostragem de solo proporciona melhor distribuição espacial, possibilitando também uma economia na aquisição de insumos e até mesmo com uma redistribuição otimizada, diminuindo os desequilíbrios e uma possível melhora na produtividade das culturas (COLAÇO et al., 2014).

Em relação às máquinas que aplicam os fertilizantes ou corretivos, em grande parte, o material é aplicado na forma de sólidos, onde são feitas as distribuições a lanço. Como todas as máquinas, elas exigem regulagens específicas para cada tipo de insumo, largura de faixa de trabalho e vazão para que sejam adequados para cada cultura, porém observa-se que não se tem confiabilidade na qualidade da aplicação (MOLIN et al., 2009; BARROS et al., 2014).

A maioria das máquinas disponibilizam relatórios das aplicações, tais como eficiência de campo, dose aplicada georreferenciadas, velocidades da operação e tempo. Porém, são poucos os agricultores que avaliam essas informações para tomadas de decisões (COLAÇO et al., 2014).

Segundo FULTON et al. (2003) a distribuição do processo contém erros, relativos a várias situações, como clima, regulagens da máquina, tempo de mudança de doses e, até mesmo, velocidade da operação. Entretanto, o mais recorrente é o de mudança de taxa na área.

Além disso, um dos métodos, como o sistema de direção automática de atuador hidráulico pode ajudar na aplicação de taxa variável, aumentando a precisão no direcionamento durante a aplicação, facilitando assim, para o operador e produtor, a utilização de deste sistema, no qual o operador não tem a necessidade de assumir o controle da passada, diminuindo erros de operação. Com os avanços das tecnologias, os agricultores estão sempre em busca de melhores resultados, aumentando a demanda por uma boa distribuição de fertilizantes e corretivos agrícolas (RITTER et al., 2018).

Tendo em vista os parâmetros analisados, o presente trabalho tem como objetivo realizar a avaliação qualitativa de aplicação em taxa variável de fertilizantes sólidos, por meio de mapas de recomendação.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado na área experimental da Fatec Shunji Nishimura, localizada na cidade de Pompéia/SP, com coordenadas geográficas de latitude 22° 6'38.34" Sul e longitude 50°11'41,73" Oeste e com área total de 0,40 ha.

Figura 1 – Figura ilustrativa da localização do estudo.



Fonte: Google Earth.

A máquina utilizada foi uma adubadora de marca Piccin Master 12000 DH S e um trator da marca John Deere do modelo 6190J. Para o controle de vazão da taxa variável foi utilizado o monitor de marca Topcon modelo X-25 e receptor modelo AGS-2 com correção de sinal por satélite geoestacionário com erro de até 0,025 m. Durante a aplicação também foi utilizado sistema de direcionamento automático hidráulico com o modulo ACU-1 com sinal por satélite geoestacionário para direcionamento das linhas de aplicação . A calibração e configuração do equipamento foi realizada de acordo com as especificações do fabricante.

Figura 2: Trator e distribuidora utilizados no estudo de caso

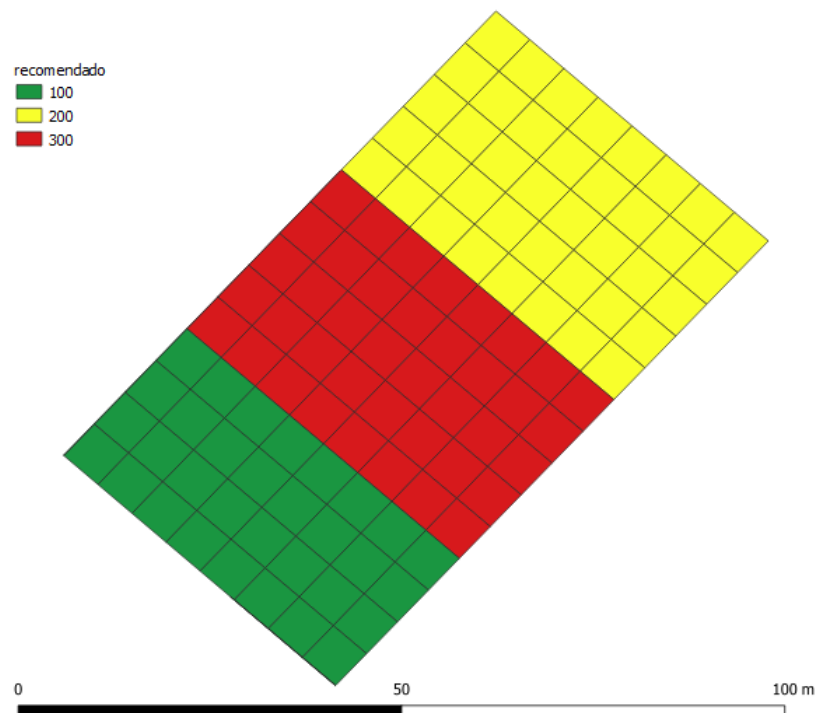


Fonte: John Deere; autores

A aplicação de taxa variável do presente estudo foi realizada com uma faixa de trabalho determinada de 12 metros por passada com velocidade de $5,5 \text{ km h}^{-1}$.

Para a aplicação da taxa variável foi utilizado um mapa de recomendação simulado com três doses diferentes, sendo elas variando entre 100, 200 e 300 kg ha^{-1} com grade de 6x6 metros, conforme demonstrado na Figura 3, este mesmo mapa foi inserido no monitor para que o conjunto trator e distribuidor realizasse a aplicação em campo.

Figura 3 – Mapa de recomendação de taxa variável.



Fonte: Autores.

Segundo Colaço et al. (2014), o erro aceitável está entre 10%, acima (+) ou abaixo (-) da dose recomendada. Classificados então como erro $\leq -10\%$ baixo, 10 % médio ou $\geq +10\%$ alto. Sendo que quando classificamos com erro -10% a taxa variável real aplicada foi abaixo da taxa variável recomendada e quando o erro for indicado como +10% a taxa variável real aplicada é maior que a taxa variável recomendada no local.

Para calcular e analisar os erros de aplicações foi utilizado o método de Colaço et al (2014), onde o erro é calculado com base nas taxas recomendadas em cada ponto (*i*) e taxas reais aplicados pela máquina em cada ponto (*i*) sendo o resultado expresso em porcentagem, conforme equação 1.

$$Ei = \frac{(ADi - APi)}{APi} \times 100 \quad (1)$$

onde,

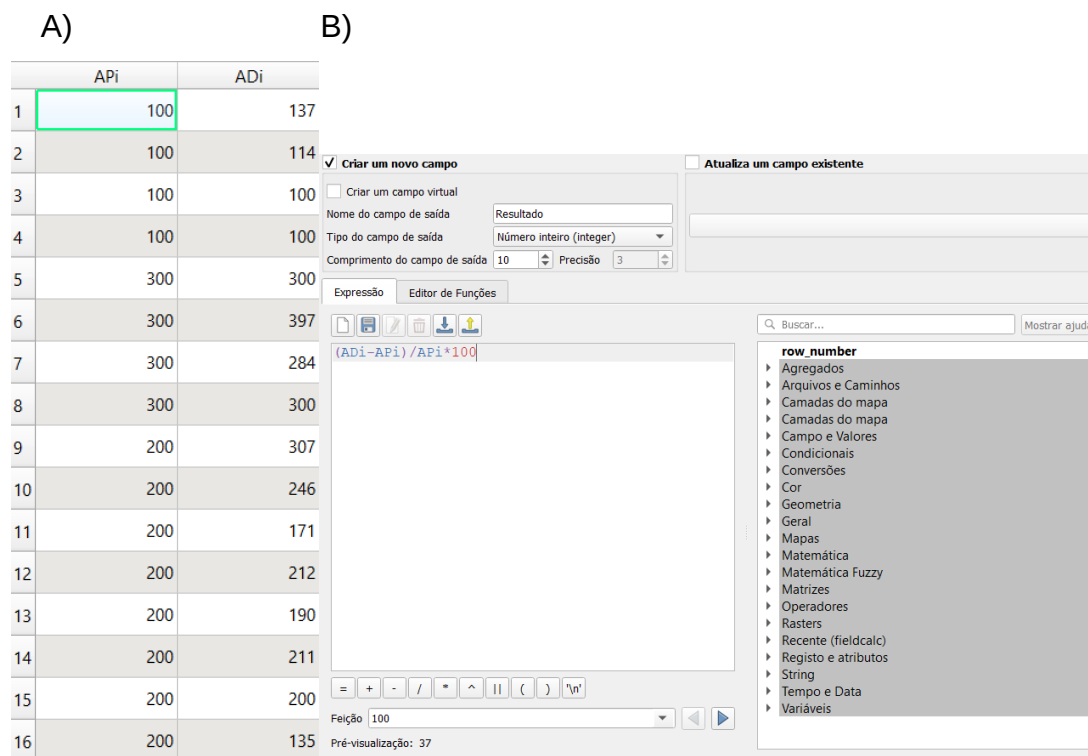
Ei = Erro de aplicação por ponto *i* (%)

ADi = Taxa real aplicada pela máquina no ponto *i* (Kg ha⁻¹)

APi = Taxa recomendada no ponto *i* (Kg ha⁻¹)

Para interpretação dos resultados dos mapas e dos erros das aplicações foi utilizado o software de SIG QGIS 3.16.16. Este software também foi utilizado para calcular os erros de aplicações em porcentagem conforme equação (1) por meio da ferramenta calculadora de campo.

Figura 4 – A) Tabela de atributo do centróide com as doses e B) calculadora de campo utilizada para metodologia Colaço et al.(2014).



Fonte: Autores.

Para melhor análise dos resultados foi utilizado gráficos de controle ou gráfico preventivo onde se compara a tendência de um processo. Através de análises de dados estatísticos pode se verificar as tendências e podendo assim eliminar ou controlar as variações (RIBEIRO et.al, 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 5 mostra os mapas de taxa variável recomendada e de taxa variável aplicada apresentando as doses aplicadas em campo.

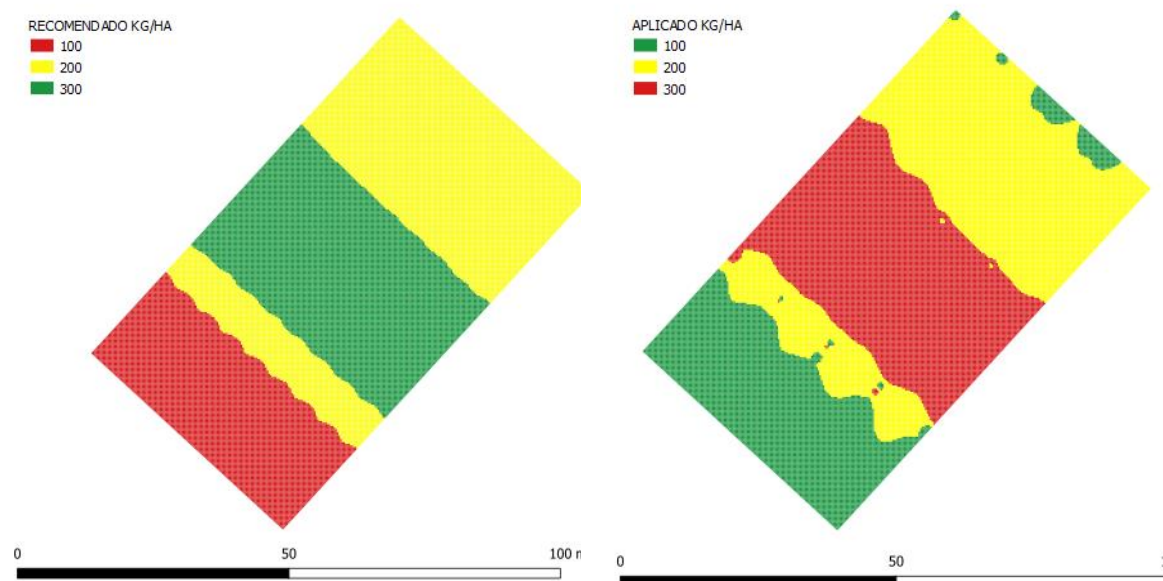
Figura 5 – Mapa de recomendação de taxa variável x Mapa de aplicação de taxa variável.



Fonte: Autores

Para melhor visualização dos dados foi criado mapas interpolados conforme Figura 6 mostra interpolados pelo método IDW.

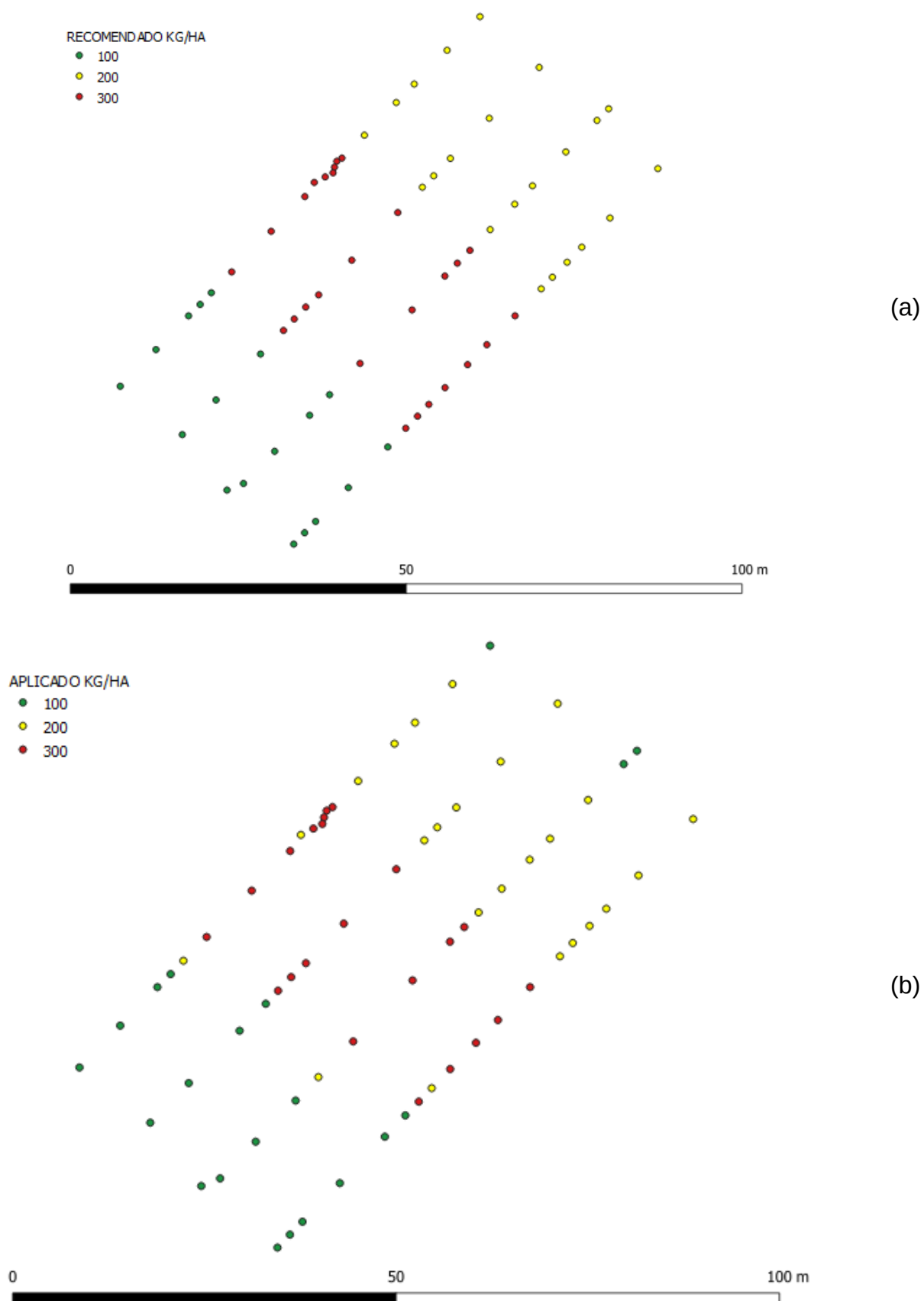
Figura 6 – Mapa de recomendação de taxa variável x Mapa de aplicação de taxa variável.



Fonte: Autores.

Para o cálculo de erro (%) foi criado um centroide em cada polígono com as informações necessárias no mapa de taxa variável conforme mostra a Figura 7.

Figura 7 – Centróide com taxa recomendada (a) x centróide taxa aplicada (b).

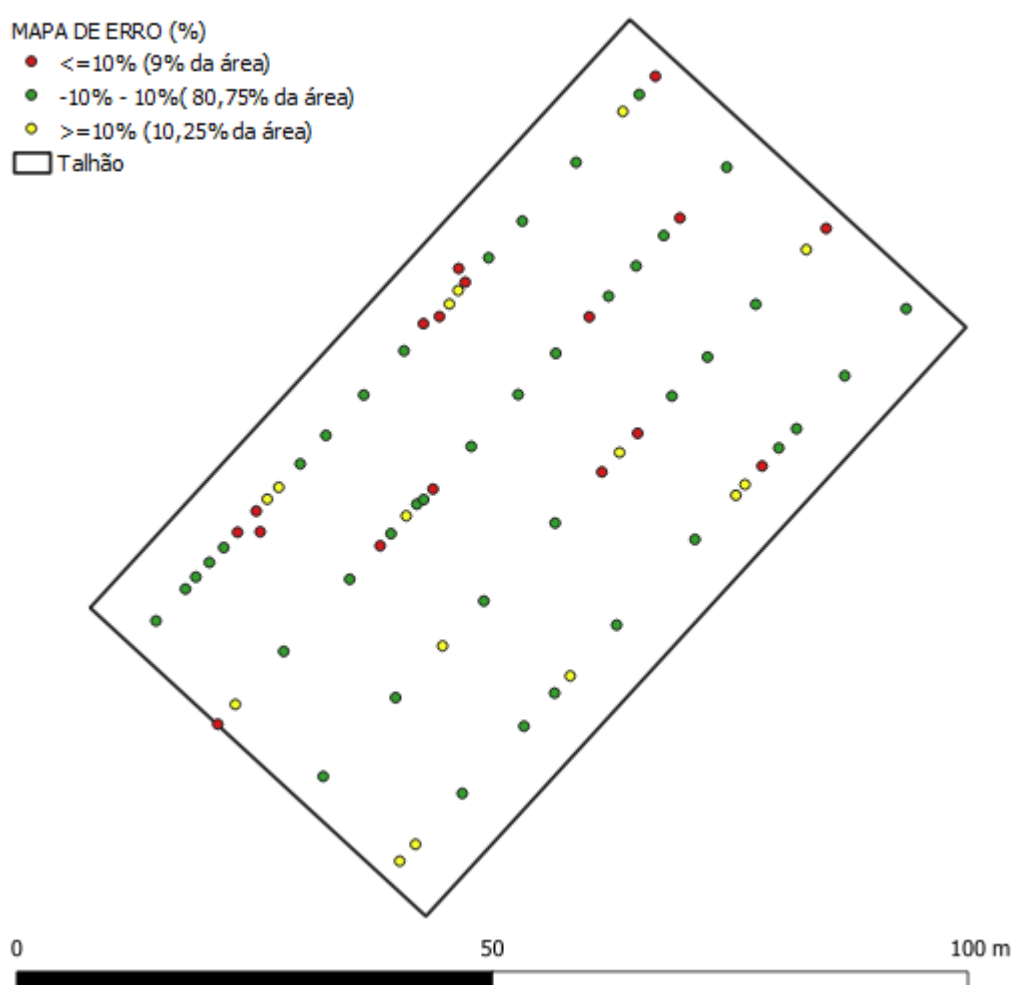


Fonte: Autores.

Após a realização dos centroides dos pontos com informações das taxas recomendadas e aplicadas, foi aplicado a calculadora de campo no software QGIS 3.16.16 onde é possível visualizar conforme Figura 3 A e B.

Depois de feito o cálculo de erro pela calculadora de campo do QGIS 3.16.16 foi destacados os valores dos erros em porcentagens, e assim foi classificado os erros como abaixo -10% médio e acima +10% de acordo com cada faixa de dose recomendada, conforme ilustrada na Figura 8.

Figura 8 – Mapa de pontos indicando os erros (%) de taxa variável real aplicada.



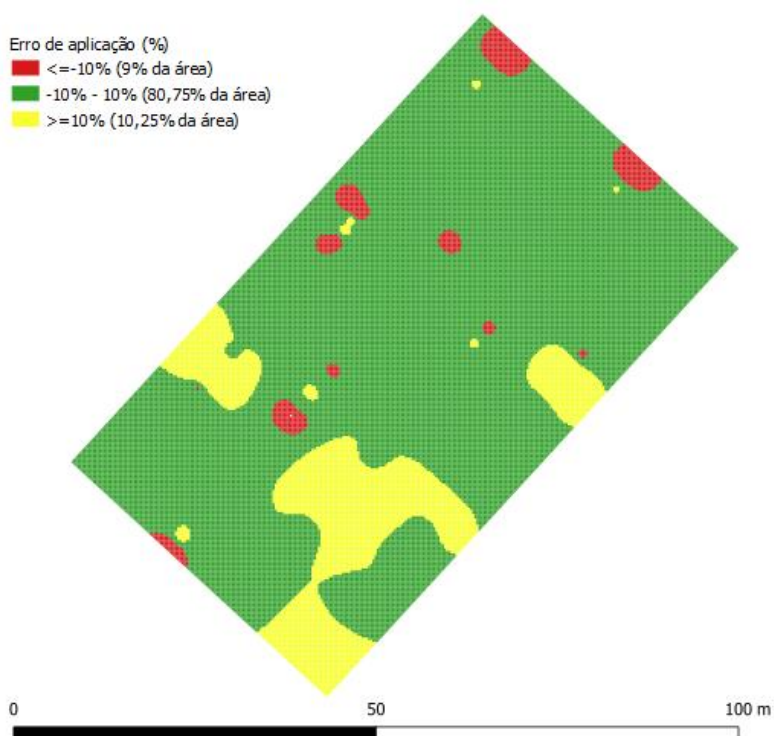
Fonte: Autor.

Ao analisar estes erros percebeu-se que há uma parte dos erros abaixo de -10% nas entradas das aplicações e nas trocas de doses. Para melhor análise dos resultados foi avaliado as velocidades para reduzir interferências nos resultados dos erros, porém neste estudo foi visto que as velocidades não interferiram nos erros, pois,

estavam dentro do esperado de $5,5 \text{ km h}^{-1}$ conforme recomendado para aplicação deste estudo.

Conforme Figura 9 é possível visualizar a região de erros classificados em forma de mapa interpolado de acordo com as classificações definidas.

Figura 9 – Mapa interpolado indicando erros encontrados.



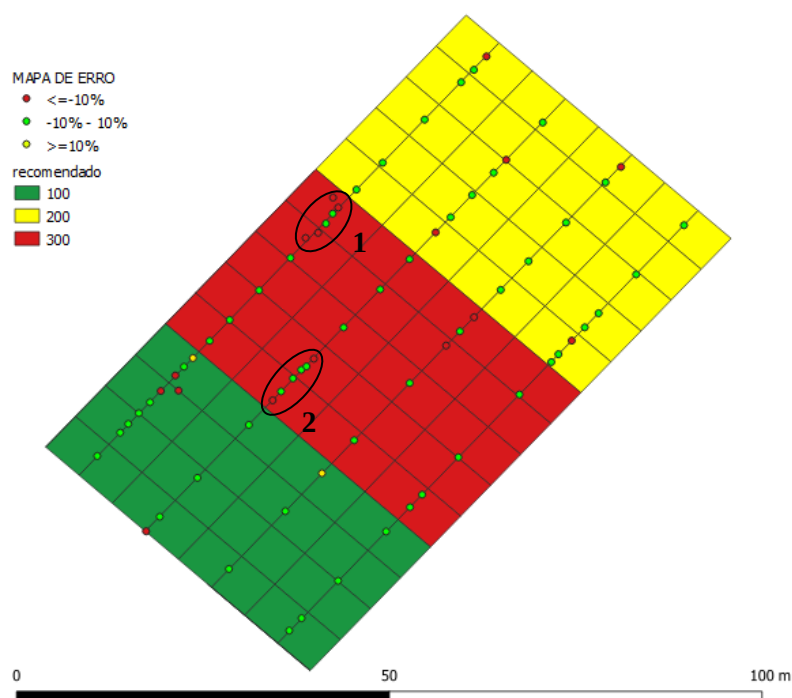
Fonte: Autores

Tabela 1 – Cálculos de Média, Desvio Padrão e Coeficiente de Variação (CV)

RESULTADOS	
MÉDIA	3,38
DESVIO	32,09
CV	9,48

Observa-se na Tabela 1 que a média da aplicação foi baixa o que auxiliou a diminuir o Coeficiente de Variação.

Figura 10 – Regiões com erros classificados fora da entrada da aplicação.



Fonte: Autores

As indicações 1* e 2* na Figura 10 representam regiões onde ocorreram erros que estão presente em alguns pontos do mapa, essas regiões tiveram erros acima ou abaixo do recomendado, isto ocorreu pelas variações de dose. Em ambas as regiões tiveram erros ocasionados pela entrada na mudança de dose de uma dose inferior para uma dose superior, sendo na região 1 uma variação de 200 kg ha⁻¹ para 300 kg ha⁻¹ e na região 2 uma variação de dose de 100 kg ha⁻¹ para 200 kg ha⁻¹ nas 2 regiões foi observado uma aplicação menor que o recomendado. A partir dos pontos gerados na aplicação, foi avaliado as porcentagens totais de erros na área, conforme demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Tabela representativa de % de erro.

Aplicação(%)	Nº de Pontos	Erro considerando entrada pontos de entrada e saída	Nº de Pontos	Erro % sem considerar entradas e saídas
≥10%	15	10,25%	11	6,75%
≤-10%	17	9,00%	14	8,25%
-10% a 10%	41	80,75%	41	85,00%
Total	73	100%	66	100%

Fonte: Autores.

De acordo com a Tabela 2, onde consta a quantidade total de pontos gerados na aplicação, foi quantificada a porcentagem representativa dos erros. Sendo que 10,25% dos pontos representam aplicação de taxa com valor acima de $\geq 10\%$ e 9,00% dos pontos representam aplicação de taxa com valor $\leq -10\%$ e 80,75% representam taxa dentro da margem tolerada (-10% a 10%).

A porcentagem dos erros $\leq -10\%$ indicado como 9,00% na Figura 10, contém tantos os pontos com erros considerados de entradas (17 pontos) e pontos com erro de transição de doses (14 pontos), sendo que dos 9% apenas 0,75% dos pontos representam erros de entradas, ou seja, erro de estabilidade de entrada de taxa no início da linha e 8,25% representam outras fontes de erros. Portanto no total considerando as condições do estudo houve apenas 15% dos pontos com erros desconsiderando os pontos de entradas.

Nos erros $\geq 10\%$ indicado como 10,25% na Figura 10, contém tanto os pontos com erros considerados de entradas (15 pontos) e pontos com erro de transição de doses (11 pontos), sendo que dos 10,25% apenas 3,5% dos pontos representam erros de entradas, ou seja, erro de estabilidade de entrada de taxa no início da linha e 6,75% representam outras fontes de erros.

Para os pontos classificados com taxa -10% a 10% da taxa recomendada foi encontrado 41 pontos, representando um valor de 80,75% dos pontos totais. Deixando de considerar os pontos com erros na entrada pela instabilidade da taxa, pode-se considerar que há um total de 66 pontos na área, no qual 15% dos pontos representam um erro por taxa acima ou abaixo do tolerável. Portanto, 85% dos pontos estão entre a margem tolerada de -10% a 10% da taxa recomendada.

CONCLUSÃO

Para as condições deste estudo, a porcentagem de erro de taxa real aplicada encontrada foi de 19,25% dos pontos da área geral, indicando que esse valor está similar ao encontrado em bibliografia, no qual foram classificados com dosagens acima ou abaixo do tolerável. Uma das possíveis fontes destes erros é devido a transição de taxa e estabilidade da esteira na entrada da linha, pois, de forma que até que a taxa recomendada tenha estabilidade, ou seja, que saia do valor taxa zero para a taxa recomendada pode conter o erro, mesmo que a velocidade esteja constante como recomendada. Foi observado que ocorreu mais pontos com erro $\leq -10\%$ tolerada da taxa recomendada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem Ele nada é possível, aos meus pais e irmãos que não mediram esforços para que eu chegasse até aqui e também a minha namorada que me acompanhou durante toda a caminhada deste projeto e me deu apoio em todo o momento. Ao meu orientador professor José Vitor Salvi pelas explicações, tempo disponível e as orientações. As empresas parceiras Piccin por disponibilizar o distribuidor e a Topcon por disponibiliza dos equipamentos de Agricultura de Precisão, ao auxiliar docente Vinicius Delafiore pelo apoio no campo durante a realização dos mapas. Aos alunos Kevin Davidse e Matheus Pedpala pelo apoio durante a realização do projeto e montagem dos equipamentos.

REFERÊNCIAS

BARROS, M. M.; VOLPATO, C. E. S.; SILVA, F. C.; PALMA, M. A. Z.; SPAGNOLO R. T. **Avaliação de um sistema de aplicação de fertilizantes a taxa variável adaptado à cultura cafeeira.** 2014. 16 f. Disponível em < http://sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/8120/Coffee%20Science_v10_n2_p223-232__2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

COLAÇO, A. F. ROSA, H.J.A. ; MOLIN, J. P A. **model to analyze as-applied reports from variable rate applications.** Precision Agriculture , v. 15 , p. 304-320, 2014. Disponível em < <https://www.ispag.org/proceedings/?action=download&item=1093>>

EARL, R.; TAYLOR, J. C.; WOOD, G. A.; BRADLEY, I.; JAMES, L. T.; WAINE,T.; WELSH, J. P. GODWIN, R. J.; KNIGHT, S. M. **Soil factors and their influence on within-field crop variability.** Part I: Field observation of soil variation. Biosystems Engineering, v.4, n.84, p.425-440, 2003. Disponível em: <http://www.leg.ufpr.br/lib/exe/fetch.php/disciplinas:geoesalq:pira2012:lucas_artigo1.pdf>

FULTON, J.P., SHEARER, S.A., STOMBAUGHT, T.S., ANDERSON, M.E., Burks, T.F. & Higgins, S.F. (2003). **Simulação de aplicação de materiais granulares de taxa fixa e variável.** Transações do ASABE, 46 (5), 1311-1321.

MOLIN, J. P.; MENEGATTI, L. A.; PEREIRA, L. L.; CREMININI, L. C.; EVANGELISTA, M. **Avaliação do desempenho de distribuidora de produtos sólidos a lanço em doses variáveis de uréia.** In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 30, 2001, Foz do Iguaçu. Anais... Foz de Iguaçu: SBEA, 2001, CD Rom. Disponível em < <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/viewFile/13441/9742>>

MOLIN, J. P.; MACHADO, T. M.; MAGALHÃES, R. P.; FAULIN, G. D. C. **Segregação de fertilizantes aplicados a lanço.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 29, n. 4, p. 614-622, 2009. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/eagri/v29n4/v29n4a11>>

MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R.; COLAÇO, A. F. **Agricultura de Precisão**. 1. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2015. p. 9-10. Disponível em <https://books.google.com.br/books?id=MX7jCgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Colheita+de+Gr%C3%A3os+Mecanizada+pdf&hl=pt-BR&sa=X&ved=0ahUKEwi8zZvLsM_dAhULEpAKHdL7DNMQ6AEIKDAA#v=onepage&q&f=false>

RIBEIRO, J. L. D.; CATEN, C. S. T.; (2012). **Cartas de Controle para Variáveis, Cartas de Controle para Atributos, Função de Perda Quadrática, Análise de Sistemas de Medição**. Porto Alegre. Disponível em <http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/388_apostilacep_2012.pdf>

RITTER, A. F. S.; MACHADO, C.; TAROUÇO, C. P. (2018). **Agricultura de precisão - piloto e aplicação a taxa fixa e variável**. Disponível em <http://eventos.seifai.edu.br/eventosfai_dados/artigos/inovaagro2016/578.pdf>