



## ARTIGO TÉCNICO 3

# Corte de Seções e Telemetria em Adubadoras Centrífugas: Recursos Tecnológicos para Melhorar a Eficiência no Uso de Fertilizantes



Vinicius Grillo<sup>1</sup>, Evelyn Fernandes<sup>2</sup>, Leandro Maria Gimenez<sup>3</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

A intensificação da produção agrícola é acompanhada pelo aporte contínuo de nutrientes no sistema, desde a construção do perfil do solo em áreas em início de uso até a manutenção da fertilidade de sistemas em produção por longos períodos. Neste contexto, a aplicação de fertilizantes deve assegurar a quantidade suficiente de nutrientes em todo o ciclo da cultura, tanto em aplicações na implantação quanto ao longo do desenvolvimento das plantas, nas aplicações de cobertura. Quanto menores as janelas para as aplicações, maiores os benefícios das tecnologias que permitem alta capacidade operacional, desde que mantenham a uniformidade em toda a faixa de aplicação. O fornecimento eficaz dos

nutrientes é obtido desde que o produto recomendado seja distribuído de maneira precisa e corretamente dosado em toda a extensão do talhão (REETZ, 2017).

Os principais tipos de produtos utilizados na agricultura são os pós e os grânulos. Estima-se que, no Brasil, o consumo total médio no período de 2017 a 2020 foi de 36,7 milhões de toneladas de fertilizantes ao ano, com destaque para os três principais macronutrientes: nitrogênio (4,5 milhões de toneladas), fósforo (5,4 milhões de toneladas) e potássio (6,2 milhões de toneladas) (CUNHA et al., 2023). Dentre as principais culturas em área plantada no país, soja, milho, cana-de-açúcar e feijão respondem por 45,7%, 21,8%, 11,1% e 3,4%, respectivamente, do consumo desses nutrientes (IBGE, 2019).

**Abreviações:** CCE = capacidade de campo efetiva; CCO = capacidade de campo operacional; EfC = eficiência de campo; EfCT = eficiência de campo teórica; Ti = tempo de interrupção; Tm = tempo de máquina; Tp = tempo de produção; Tpr = tempo de preparo.

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Agronômica, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP; e-mail: vinicius.grillo@jacto.com.br

<sup>2</sup> Graduanda em Mecanização em Agricultura de Precisão, FATEC Shunji Nishimura; e-mail: evelyn.fernandes@jacto.com.br

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Coordenador de Sistemas de Produção Agrícola na Jacto Ag; e-mail: leandro.gimenez@jacto.com.br

Segundo o CESB (2023), cerca de 90% das áreas auditadas em seu desafio de produtividade nas regiões Norte, Centro-Oeste e Nordeste do Brasil optam por fazer aplicação de fertilizantes a lanço, visto que as áreas com fertilidade já construída podem dispensar adubações no sulco e com incorporação, desde que não haja impedimento à infiltração e que a distribuição das chuvas seja homogênea (PÖTTKER, 1999; AMOACY, 2006).

Os distribuidores centrífugos podem distribuir e dosar fertilizantes e sementes a lanço. O mecanismo de distribuição desse tipo de equipamento oferece alta capacidade por permitir o ajuste de amplas faixas de velocidade, doses e larguras de aplicação (CUNHA et al., 2023). São equipamentos produzidos por diversos fabricantes e apresentam desde versões de menor porte, que são acoplados no trator pelo sistema de acoplamento de três pontos, passando por equipamentos de arrasto, até os automotizes. Em virtude de sua elevada capacidade, estes equipamentos são estratégicos em manejos de adubação de sistemas de produção de grãos. Segundo Matos et al. (2006), o uso desses equipamentos permite reduzir o número de máquinas necessárias para as operações de semeadura, pulverização e colheita, trazendo redução nos custos operacional e total, possibilitando aumento na receita líquida e adequação da capacidade dos demais equipamentos em realizar a operação dentro do período ideal. O conceito de pontualidade, definido por Balastreire (1987) como a “capacidade de efetuar as operações no período em que a qualidade e/ou quantidade de um produto são otimizadas” se faz muito presente nas

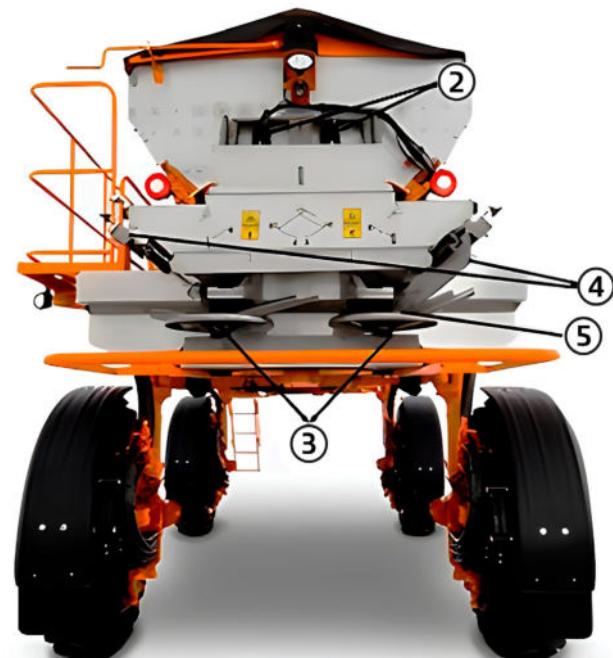
operações de adubação, e os distribuidores centrífugos são ferramentas indispensáveis para tal.

## 2. CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DOS DISTRIBUIDORES CENTRÍFUGOS

Os distribuidores centrífugos (Figura 1) têm por função distribuir e dosar os produtos sobre o solo, sejam pós ou sejam grânulos. O mecanismo de distribuição é responsável por definir a faixa de aplicação e homogeneidade e o mecanismo dosador estabelece uma vazão que, em função da velocidade e largura, definirá a dose (SENAR, 2017). Usualmente, estes equipamentos dispõe de componentes, como:

- Esteira: mais comum nos equipamentos de grande porte, é responsável por transportar o produto do reservatório do equipamento até o mecanismo de distribuição, podendo ser de borracha, de talisca ou do tipo colmeia.
- Comporta: controla a vazão do produto sobre o mecanismo dosador. Pode ser acionada de forma mecânica ou hidráulica.
- Discos distribuidores: discos rotativos que são responsáveis por lançar o produto para sua deposição na largura desejada sobre o solo. A uniformidade da dosagem é condicionada pela qualidade da sobreposição obtida em passadas laterais.

Alguns equipamentos apresentam também dispositivos que permitem melhorar a qualidade e reduzir o desperdício:



**Figura 1.** Componentes mecânicos de um distribuidor de corretivos e fertilizantes com disco duplo (3), mecanismo dosador volumétrico do tipo esteira transportadora (1), comporta raspadora dupla (2), atuador do ponto de queda (4) e de bordadura (5).

- Atuador do ponto de queda dos discos: altera a faixa de aplicação durante a operação, mudando automaticamente o ponto de deposição do produto sobre os discos e permitindo realizar corte de seções.

- Atuador de bordadura: controla o perfil de distribuição na bordadura dos talhões para minimizar os erros de aplicação e evitar a distribuição em áreas não desejadas.

### 3. PARÂMETROS OPERACIONAIS E TELEMETRIA

A qualidade da aplicação com os distribuidores centrífugos é tema de contínua preocupação. A qualidade, usualmente expressa em função da variabilidade da dose aplicada ao longo da faixa útil da máquina, deve ser periodicamente verificada com coletas a campo para caracterizar o perfil transversal de deposição. Em muitas situações, entretanto, a distância entre passadas no campo pode diferir daquela planejada, podendo ocorrer falhas ou superdosagem devido à sobreposição excessiva. As falhas são caracterizadas como áreas em que o insumo não foi depositado, seja devido ao mau funcionamento do equipamento, seja devido a problemas de calibração, erros do operador ou condições de campo, como terreno irregular e obstáculos. Sobreposições excessivas ocorrem quando o equipamento passa sobre a área mais de uma vez durante a operação.

Para mitigar este tipo de problema e ter maior controle sobre a qualidade das operações podem ser utilizadas tecnologias que permitem maior controle e automação, como os sistemas de orientação por GNSS (*global navigation satellite systems*) e os sensores e softwares de controle e gerenciamento. Com o uso da telemetria em máquinas agrícolas é possível a coleta e transmissão de dados sobre variáveis ambientais e parâmetros referentes ao funcionamento do veículo, como velocidade de deslocamento, largura e vazão, além da dosagem. Estes dados permitem uma gestão mais eficiente das operações com controle em tempo real, apoiando a otimização no uso do combustível e dos insumos agrícolas assim como a tomada de decisão sobre manutenções, auxiliando também no planejamento operacional.

### 4. EFICIÊNCIA NO USO DE MÁQUINAS

A telemetria é frequentemente utilizada para o gerenciamento dos parâmetros de desempenho, expressos pela quantidade de trabalho que uma máquina pode realizar em um determinado período – sua capacidade de trabalho. Em semeadoras, pulverizadores e distribuidores de fertilizantes é calculada a capacidade de campo, definida por Milan e Rosa (2015) como sendo a razão entre a quantidade de trabalho em termos de área por unidade de tempo, por exemplo, em hectares por hora, ou seja, é o indicador utilizado para equipamentos que devem se deslocar cobrindo uma determinada área durante a operação.

As capacidades de produção e manipulação são aquelas associadas à separação de materiais, medidas em massa

ou volume de material processado por unidade de tempo, expressos em toneladas por hora e mais adequadas às operações de colheita (MIALHE, 1974).

A capacidade de campo pode ser dividida em teórica, efetiva e operacional. A capacidade de campo teórica refere-se ao potencial de trabalho que a máquina pode realizar, com base nas características construtivas e suas especificações, e é definida por:

$$CCT = \frac{L \times V}{10}$$

em que:

CCT = capacidade de campo teórica, em  $ha\ h^{-1}$ ;

L = largura de trabalho, em metros;

V = velocidade de deslocamento, em  $km\ h^{-1}$ .

A capacidade de campo efetiva (CCE) representa a quantidade de trabalho efetivamente entregue pela máquina, considerando apenas o tempo em que os mecanismos estavam atuando. Para a adubação com distribuidores centrífugos seria o tempo em que os mecanismos estão dosando e distribuindo o produto. A CCE é definida por:

$$CCE = \frac{A_t}{T_p}$$

em que:

CCE = capacidade de campo efetiva, em  $ha\ h^{-1}$ ;

$A_t$  = área trabalhada, em ha;

$T_p$  = tempo de produção, em horas.

A capacidade de campo operacional (CCO) contabiliza o tempo empregado para as atividades auxiliares à operação, que não produzem trabalho, mas são necessárias para o cumprimento da operação, como são os casos de manobras, ajustes mecânicos, regulagens e abastecimento de insumos. É descrita pela equação:

$$CCO = \frac{A}{T_m}$$

em que:

CCO = Capacidade de campo operacional, em  $ha\ h^{-1}$ ;

A = Área trabalhada, em ha;

$T_m$  = Tempo de máquina, em horas.

O tempo de máquina ( $T_m$ ) é resultante da soma dos tempos de produção, interrupção e preparo. O tempo de produção ( $T_p$ ) é aquele em que a máquina efetivamente realizou o trabalho, quando os seus órgãos ativos estão operando sobre o terreno ou processando o material para o qual foram projetados. O tempo de interrupção ( $T_i$ ) é a soma dos tempos necessários e inerentes à realização da operação, como manobras, abastecimento, descarregamento, desobstrução e ajustes. O tempo de preparo ( $T_{pr}$ ) é composto pela soma daqueles tempos necessários para preparar a máquina para iniciar o trabalho e para deixar em condições de ser armaze-

nada no galpão após a operação: acoplamento, desacoplamento, deslocamento para a área de trabalho, regulagens para iniciar e limpeza após o trabalho, tempos gastos com controle e manutenção. O  $T_m$  é descrito como sendo:

$$T_m = T_p + T_i + T_{pr}$$

em que:

$T_m$  = Tempo de máquina, em horas;

$T_p$  = Tempo de produção, em horas;

$T_i$  = Tempo de interrupção, em horas;

$T_{pr}$  = Tempo de preparo, em horas.

A razão entre as capacidades permite obter indicadores de eficiência representativos do aproveitamento das máquinas e das perdas associadas às circunstâncias da operação. Segundo Mialhe (1974), a eficiência de campo pode ser dividida em teórica e efetiva. A eficiência de campo teórica (EfCT) estima as perdas oriundas do não aproveitamento integral das dimensões dos órgãos ativos e da magnitude de tempo nas manobras nas extremidades do talhão, definida por:

$$EfCT = \frac{CCE}{CCT} \times 100$$

em que:

EfCT = eficiência de campo teórica, em %;

CCE = capacidade de campo efetiva, em  $ha h^{-1}$ ;

CCT = capacidade de campo teórica, em  $ha h^{-1}$ .

A eficiência de campo (EfC) é o indicador que caracteriza as perdas de capacidade devido aos tempos empregados com todas as atividades que não aquela produtiva. Permite identificar quanto tempo se perde entre preparo, manobras, abastecimentos e interrupções durante a jornada de trabalho, caracterizada por:

$$EfC = \frac{CCO}{CCE} \times 100$$

em que:

EfC = eficiência de campo, em %;

CCO = capacidade de campo operacional, em  $ha h^{-1}$ ;

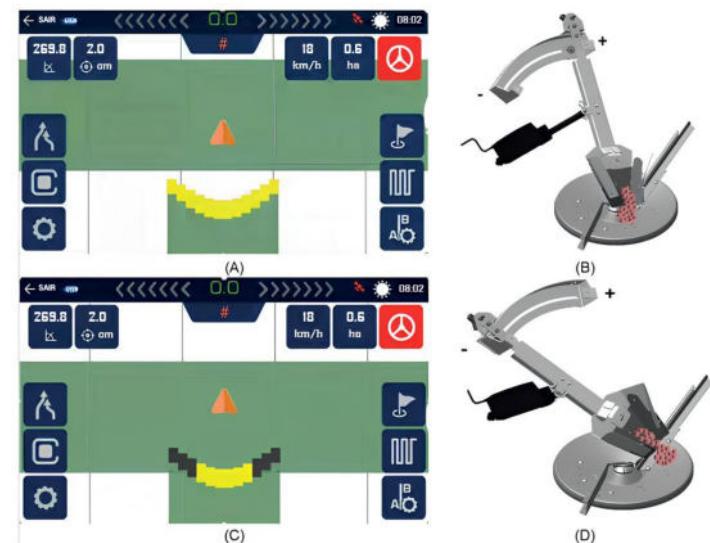
CCE = capacidade de campo efetiva, em  $ha h^{-1}$ .

É evidente que os talhões de uma mesma propriedade diferem entre si nos tempos de deslocamento para a área onde será realizada a operação, abastecimento de insumos, manobras, manutenção e reparos. Assim, a partir de parâmetros operacionais, como velocidade e largura efetiva, e dos tipos de tempo empregados nas operações é possível identificar as capacidades e as eficiências inerentes a cada talhão. Tais indicadores apoiam o gestor na tomada de decisão e maximização das suas receitas.

## 5. ESTUDO DE CASO

Neste estudo de caso objetivou-se verificar o uso do corte de seções em comparação com a ausência desta tecnologia e a dinâmica das capacidades e eficiências de campo em diferentes talhões de uma propriedade para interpretação da qualidade das operações e oportunidades de melhoria.

Os mapas (Figuras 3, 4 e 5) apresentados são reais e foram obtidos a partir de uma máquina com tecnologia de controle automático de até doze seções, que é fornecida por um fabricante no Brasil. O equipamento também dispõe de controle automático de dosagem por meio da alteração de altura das duas comportas dosadoras (nesse caso, não são apenas para abertura e fechamento de meia faixa de aplicação) e da rotação da esteira. O controle do perfil de distribuição é feito por meio da variação do ponto de queda dos fertilizantes sobre os discos (JACTO, 2023). As seções abrem e fecham automaticamente, sendo possível rotacionar, aumentar ou diminuir o perfil de aplicação de acordo com a localização georreferenciada de cada seção, mantendo o perfil ideal de aplicação de fertilizantes granulados (Figura 2).



**Figura 2.** Tela do monitor do distribuidor e representação do ponto de queda dos fertilizantes sobre o disco: (A) e (B) para aplicação em área total, (C) e (D) com o controle fechando as seções das pontas do perfil de aplicação.

## 6. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

A partir de uma plataforma digital com nome comercial EKOS®, fornecida por um fabricante de máquinas agrícolas nacional, foram extraídos quatro talhões de uma propriedade localizada no estado do Paraná, cujo terreno tem relevo suave ondulado, nos quais foi realizada a operação de distribuição de cloreto de potássio (KCl). A largura efetiva de aplicação foi de 32 metros e a aplicação foi realizada em pré-semeadura da soja na safra 2023/24, na dose de  $130 kg ha^{-1}$  (talhões 1, 2 e 3) e  $165 kg ha^{-1}$  (talhão 4). Como pode ser visto na Figura 3, os talhões apresentam conformações e linhas de tráfego distintas.

É possível notar um contraste entre os talhões em relação às condições operacionais e às quantidades de manobras necessárias. O talhão 1, com 144 ha, permite linhas de

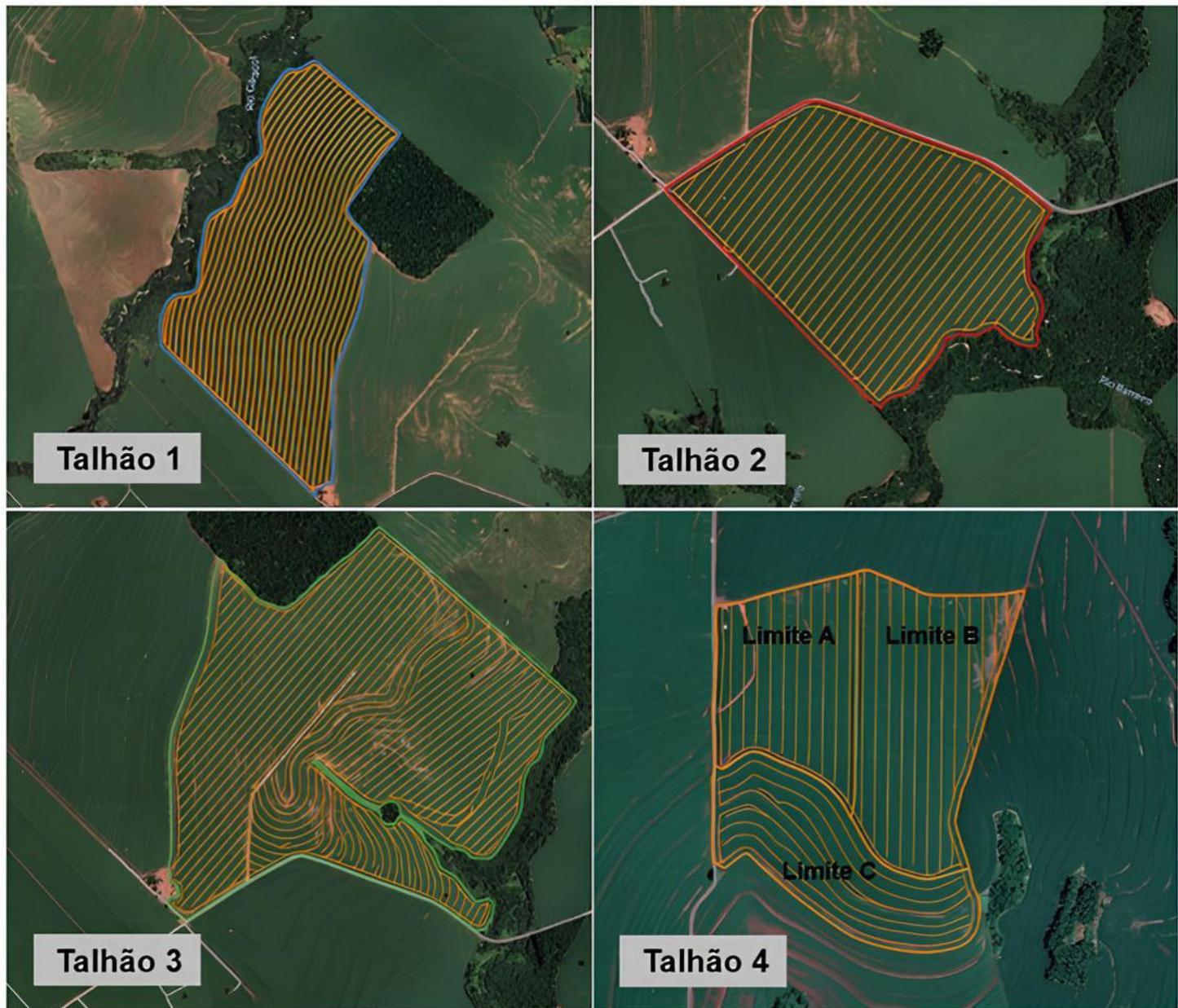


Figura 3. Linhas de tráfego reais nos diferentes talhões.

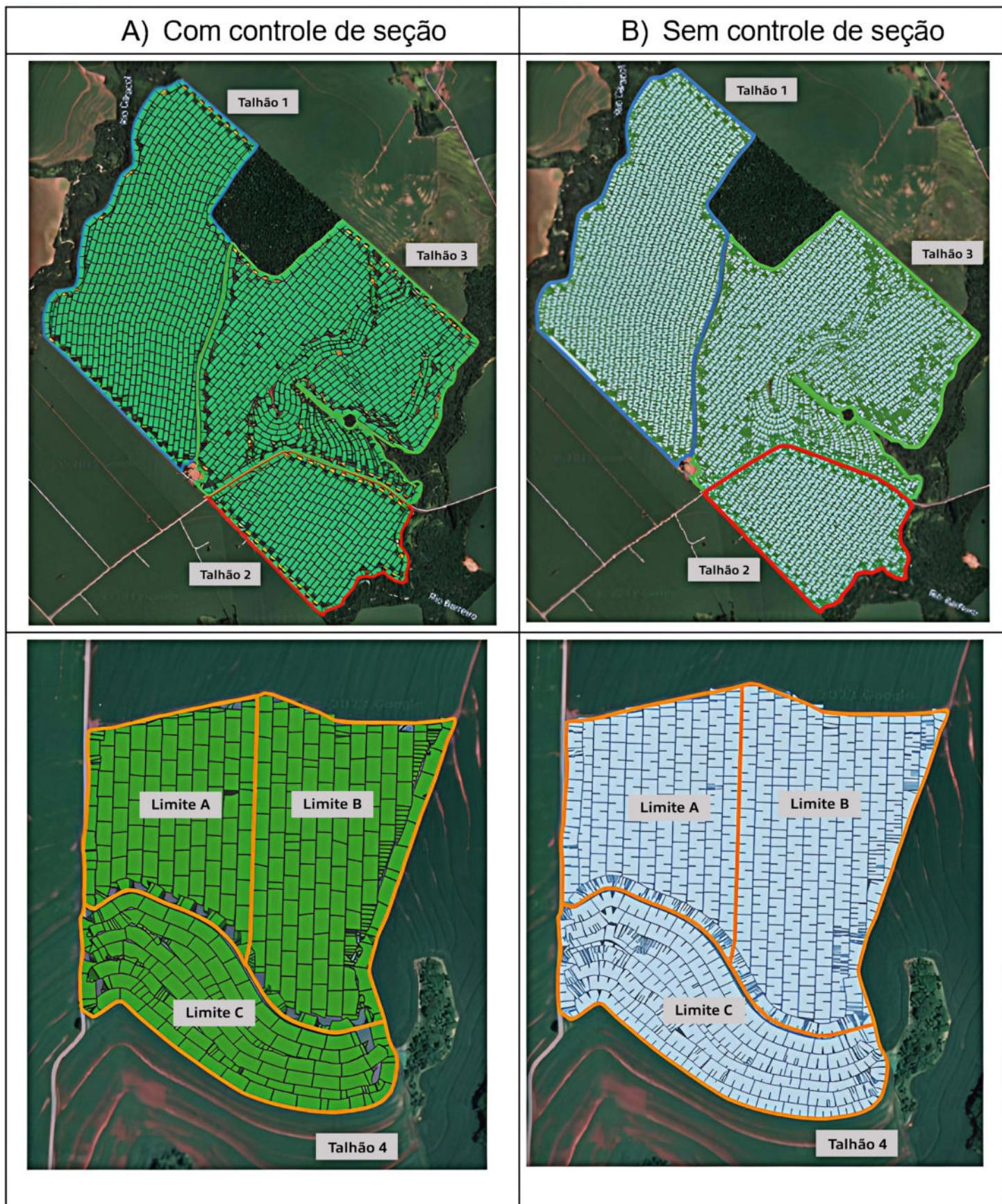
tráfego mais longas, com comprimento médio de 1,7 km. O talhão 2, com 63 ha, apresenta tiros mais curtos de 0,6 km, mas com conformação que permite maior paralelismo entre as linhas. O talhão 3, com 164 ha, apresenta uma diversidade de trajetos de comprimentos variados e curvilíneos, com necessidade de muitos arremates. No talhão 4, com 52 ha, os limites A, B e C se assemelham aos dos talhões 1, 2 e 3, respectivamente, com o desafio adicional de atravessar curvas de nível nos limites A e B.

## 7. ANÁLISE ECONÔMICA DA TECNOLOGIA DE CONTROLE DE SEÇÕES

Como mostra a Figura 4A, o controle de seções permitiu que o produto fosse aplicado sem a ocorrência de sobreposições, além daquela especificada. Os polígonos demonstram as

porções que receberam o fertilizante à medida que a máquina se deslocava. A variação da largura dos polígonos registrados demonstra os locais em que o sistema alterou, de forma automática, a largura de aplicação em função das passadas laterais.

Na Figura 4B são apresentados os mapas de simulação da sobreposição do fertilizante caso a máquina não dispusesse do sistema de controle de seções. Observa-se maior sobreposição no talhão 3 e no limite C do talhão 4. O formato destes talhões não permite o paralelismo e a equidistância entre as linhas de tráfego. Neste tipo de situação, as soluções usuais, com apenas uma ou duas seções, não asseguram a aplicação sem a ocorrência pronunciada de sobreposição. O corte abrupto de uma das seções, caso fosse utilizado o sistema com duas seções, permitiria reduzir a largura de aplicação para 16 metros, deixando muitas falhas na aplicação.



**Figura 4.** Mapas da operação nos talhões demonstrando situações com (A) e sem (B) o funcionamento do controle de seções de distribuição de cloreto de potássio. É possível notar a alteração da largura dos polígonos, representando o ajuste realizado de modo automatizado pelo equipamento.

Nos talhões 1, 2 e 4 (limites A e B) as sobreposições ocorreram apenas nas bordas (Figura 5); no talhão 3 e no limite C do talhão 4 as sobreposições ocorreram também dentro dos talhões, ao longo das passadas do equipamento. Os valores de sobreposições obtidos na simulação estão descritos na Tabela 1.

As sobreposições de fertilizante registradas com o corte de seções corresponderam, em média, a 3,5% da área

total nos talhões 1, 2 e 4. No limite C do talhão 4 o corte de seções foi amplamente empregado, sobretudo nos pontos mais sinuosos, o que pode ser verificado na Figura 5. O talhão 3 apresentou 9,5 ha de sobreposição, correspondendo a 6,0% da área total, observando-se sobreposição nas partes onde as linhas de tráfego ficaram próximas e, portanto, inferiores à largura efetiva de 32 metros.



Figura 5. Mapas de sobreposição do fertilizante em situações de controle (A) e sem controle (B) do corte de seções.

**Tabela 1.** Caracterização e comparação econômica da redução dos custos pela sobreposição de fertilizante nos talhões do estudo.

Talhões	Limites	Sobreposições				Dose	Preço médio KCI - 2023	Custo da sobreposição de fertilizante		Economia do corte de seções
		Sem corte de seção		Com corte de seções				Sem corte de seção	Com corte de seções	
		ha	%	ha	%	kg ha <sup>-1</sup>	R\$ t <sup>-1</sup>	R\$ ha <sup>-1</sup>	R\$ ha <sup>-1</sup>	R\$ ha <sup>-1</sup>
1	-	6,5	4,5	3,0	2,1	130		16,4	7,6	8,8
2	-	5,0	7,9	2,7	4,3	130		28,9	15,6	13,3
3	-	24,0	14,6	9,5	5,8	130		53,2	21,1	32,1
4	A	0,8	5,3	0,5	3,3	165	2.801,3	24,6	15,3	9,3
4	B	1,3	6,2	0,8	3,8	165		28,4	17,5	10,9
4	C	2,6	16,8	0,9	5,8	165		77,5	26,8	50,7

Se a aplicação de fertilizante nesses talhões não tivesse sido realizada com a utilização do recurso de controle de seções, e considerando em toda safra os excessos visualizados na sobreposição (Figura 5A), a variabilidade espacial deixaria de ser natural, passando a ser induzida, desencadeando problemas como competição intraespecífica, erros no manejo da fertilidade e diferenças em produtividade pela desuniformidade na distribuição dos fertilizantes na lavoura.

Ainda, considerando a cotação do KCI no estado do Paraná de R\$ 2.801,33 t<sup>-1</sup> em agosto/2023 (DERAL-PR), verifica-se na Tabela 1 que, em todas as condições do estudo, o controle de seções proporcionou economia nas aplicações. Nas áreas mais desafiadoras – talhão 3 e limite C do talhão 4 – o custo por sobreposição foi 60% inferior com a utilização do corte de seções. Para os demais, a economia oscilou entre 38% e 50%, observada nos talhões 4 (limite A) e 1, respectivamente.

## 8. INFORMAÇÕES OPERACIONAIS: SUPORTE PARA O GERENCIAMENTO E ALOCAÇÃO DE RECURSOS NA PROPRIEDADE

Na Figura 6, obtida a partir dos dados registrados pelo equipamento, observa-se que a velocidade de aplicação do fertilizante durante as operações oscilou entre os talhões. No talhão 1 foi possível desenvolver maiores velocidades, quando comparado aos demais talhões. No limite C do talhão 4, observa-se maior constância na velocidade em relação aos demais limites, possivelmente devido ao fato de as linhas de tráfego estarem no sentido das curvas de nível, neste limite, não havendo necessidade de atravessá-las.

Constata-se pela Figura 7 que no talhão 1, por ser a área que permitiu desenvolver e manter maiores velocidades, a capacidade de campo efetiva esteve próxima de 48,0 ha h<sup>-1</sup>, enquanto nos demais talhões as manobras influenciaram para que esse valor fosse menor: cerca de 42 ha h<sup>-1</sup> nos talhões 2 e 3 e 40 ha h<sup>-1</sup> no talhão 4. Em uma jornada de trabalho de 8 horas, nas condições do talhão 1, seria possível

fazer 64 ha a mais que no talhão 4, isto é, generalizando, o talhão 1 possui uma capacidade de trabalho efetiva 20% maior que o talhão 4.

Na Figura 8 é apresentada a divisão do tempo relativo à produção, interrupção e preparo da máquina nos diferentes talhões, extraídos na plataforma EKOS®. Os tempos de interrupção e de preparo no talhão 3 foram maiores, em relação aos demais, devido à maior necessidade de realização de manobras e deslocamentos para reabastecimentos.

Os tempos dispendidos com manobras e deslocamentos impactam diretamente nas capacidades e eficiências de campo efetiva e operacional, conforme apresentado na Tabela 2. As diferenças entre as capacidades de campo efetiva e operacional são maiores nos talhões em que os tempos de interrupção e preparo foram maiores. Nos talhões 1 e 2 observa-se redução de cerca de 4,5% da eficiência de campo efetiva para a operacional, enquanto nos talhões 3 e 4 a redução foi em torno de 8,2%.

Nos talhões 3 e 4 há oportunidade para melhorias na alocação dos pontos de abastecimento/reabastecimento de insumos, com o intuito de minimizar o tempo gasto com deslocamentos para esta finalidade. Reprojetar as linhas de tráfego a fim de otimizar as manobras e o paralelismo entre as passadas também são pontos importantes para se pensar no planejamento logístico destes talhões.

A adoção de estratégias para diminuir o tempo empregado com manobras e abastecimento permite aumentar o aproveitamento do tempo de máquina com maior participação do tempo produtivo. Em outras palavras, estas estratégias possibilitam elevar a eficiência de campo.

Além das menores eficiências, os deslocamentos para manobras e abastecimento também impactaram no consumo de combustível nos talhões 3 e 4. Comparados ao do talhão 1, os consumos de combustível nos talhões 2, 3 e 4 foram, respectivamente, 0,05, 0,16 e 0,11 L ha<sup>-1</sup> maiores. Considerando-se R\$ 5,0 L<sup>-1</sup> o preço do óleo diesel (DERAL-PR, agosto/2023), os custos adicionais com combustível nos

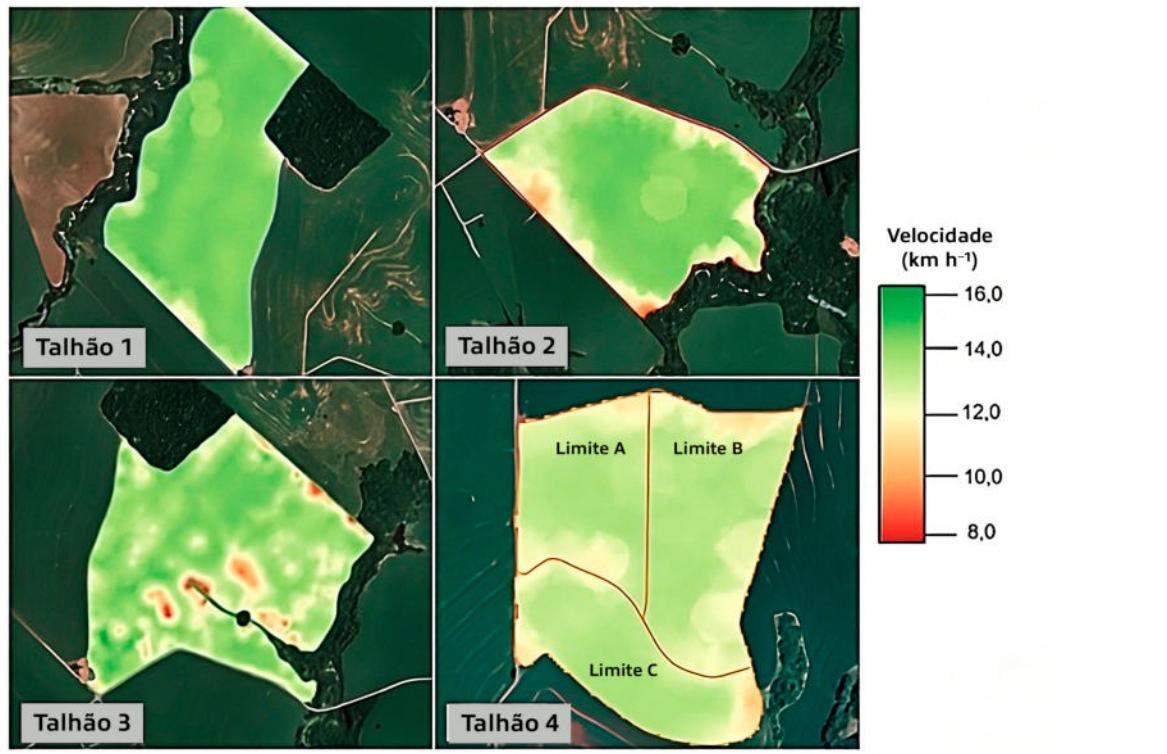


Figura 6. Mapas de velocidade das operações nos talhões.

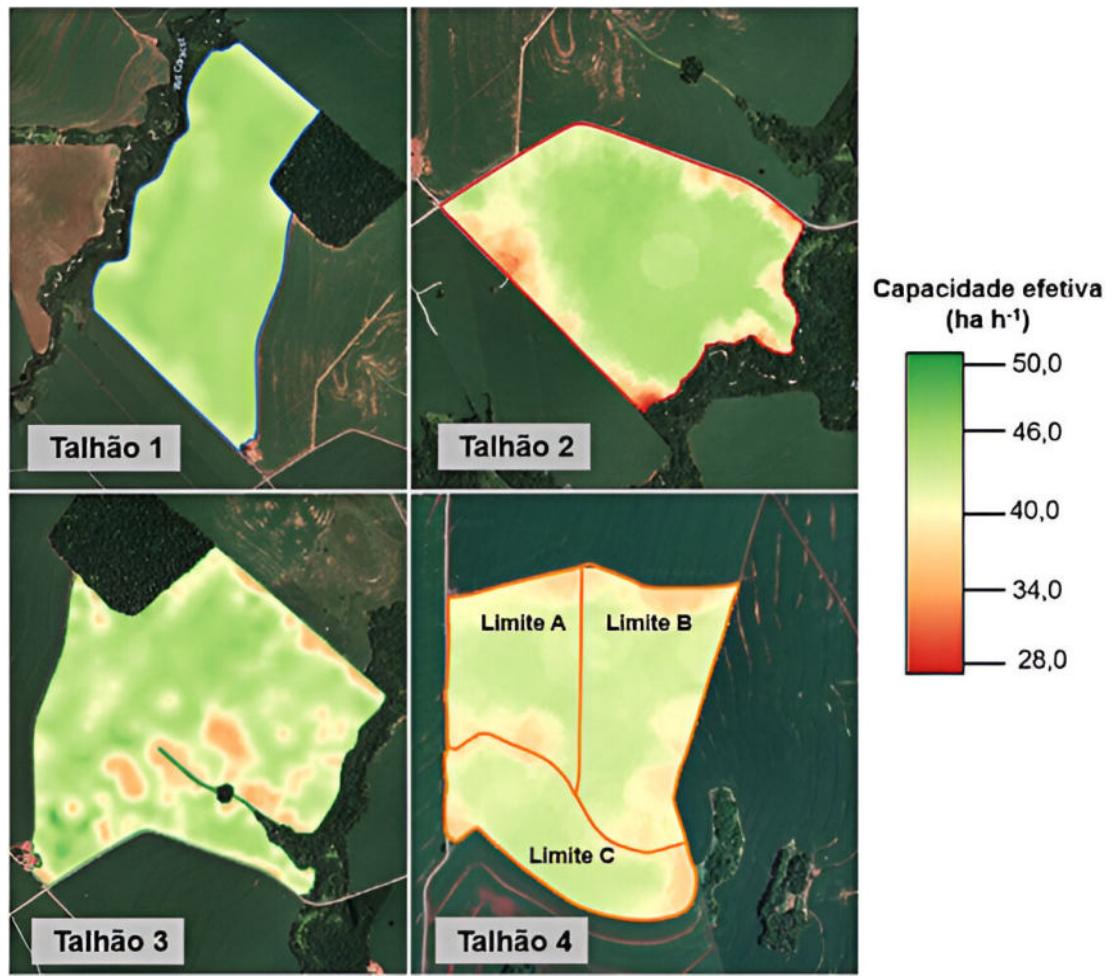
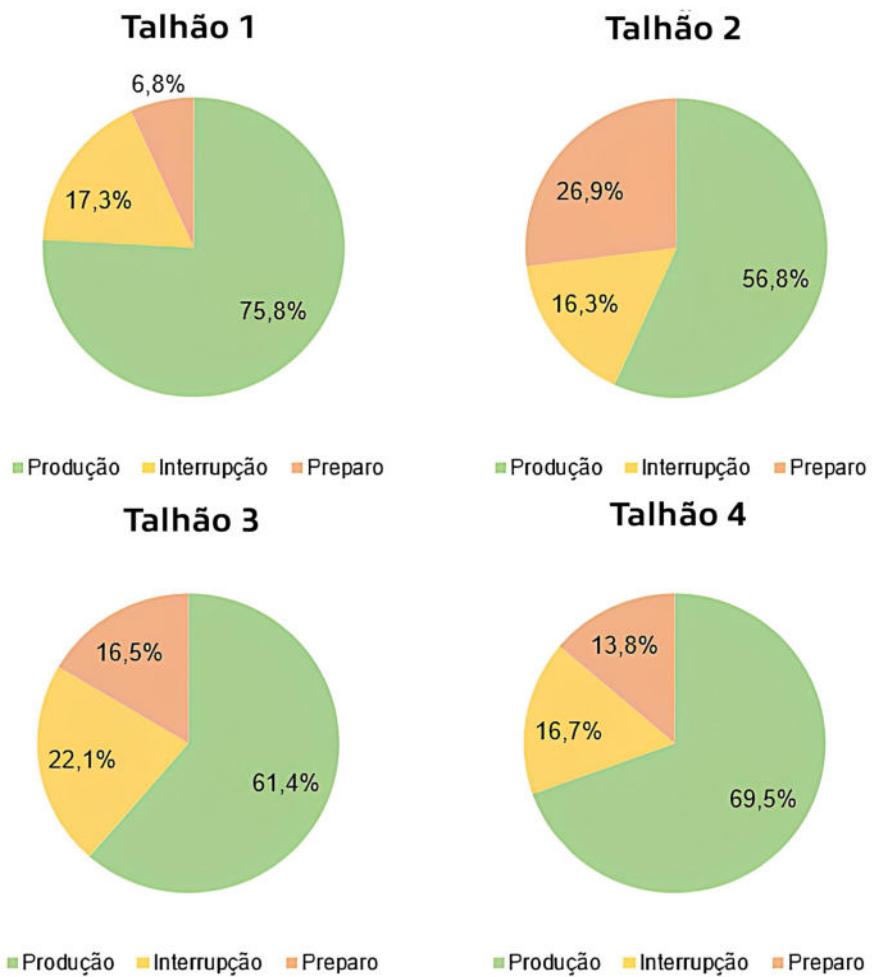


Figura 7. Mapas de capacidade de trabalho efetiva nos talhões.



**Figura 8.** Participação relativa do tempo dispendido com produção, interrupção e preparo da máquina nos diferentes talhões.

**Tabela 2.** Síntese das capacidades e eficiências nos talhões.

Talhões	Capacidade de campo (ha h <sup>-1</sup> )		Eficiência de campo (%)
	Efetiva	Operacional	
1	43,6	33,1	72,8
2	42,3	24,2	54,5
3	39,6	24,3	55,9
4	38,8	26,9	64,1

talhões 2, 3 e 4 foram de R\$ 15,7, R\$ 131,2 e R\$ 28,6, respectivamente, em relação àquele que seria observado caso a eficiência fosse elevada para aquela observada no talhão 1. Ou seja, manobras e deslocamentos para abastecimento, apesar de inerentes à operação, podem ser considerados como ineficiências, com impacto direto no custo de produção. Neste estudo, na situação mais extrema, foi observado um aumento de até 27% no custo com combustível. Na Figura 9 é possível observar muitos pontos críticos nos talhões 3 e 4, onde o consumo de combustível total foi maior que 0,6 L ha<sup>-1</sup>.

## 9. USO DOS MAPAS PARA INTERPRETAR A QUALIDADE DAS APLICAÇÕES E AS OPORTUNIDADES DE MELHORIA NA OPERAÇÃO

Para interpretar a qualidade das aplicações, a análise de uniformidade de aplicação, com coletas em campo, é essencial e permite identificar problemas nos equipamentos como calibrações inadequadas ou falhas no sistema de distribuição.

De forma complementar, os mapas permitem elevar a qualidade na análise da operação. São ferramentas utilizadas não apenas para interpretar a qualidade das aplicações, mas principalmente para identificar oportunidades de melhorias nas operações. Identificação de falhas e sobreposições, comparação com dados históricos, correlação com condições de solo, *feedbacks* para operadores, avaliação do desempenho e doses de insumos e implementação de técnicas de agricultura de precisão são alguns dos exemplos de uso.

A melhoria da qualidade operacional é alcançada ao longo do tempo, sendo mais efetiva quando apoiada em indicadores que permitam comparações válidas. Os dados obtidos via telemetria viabilizam a construção de indicadores e representações visuais para este melhor gerenciamento.

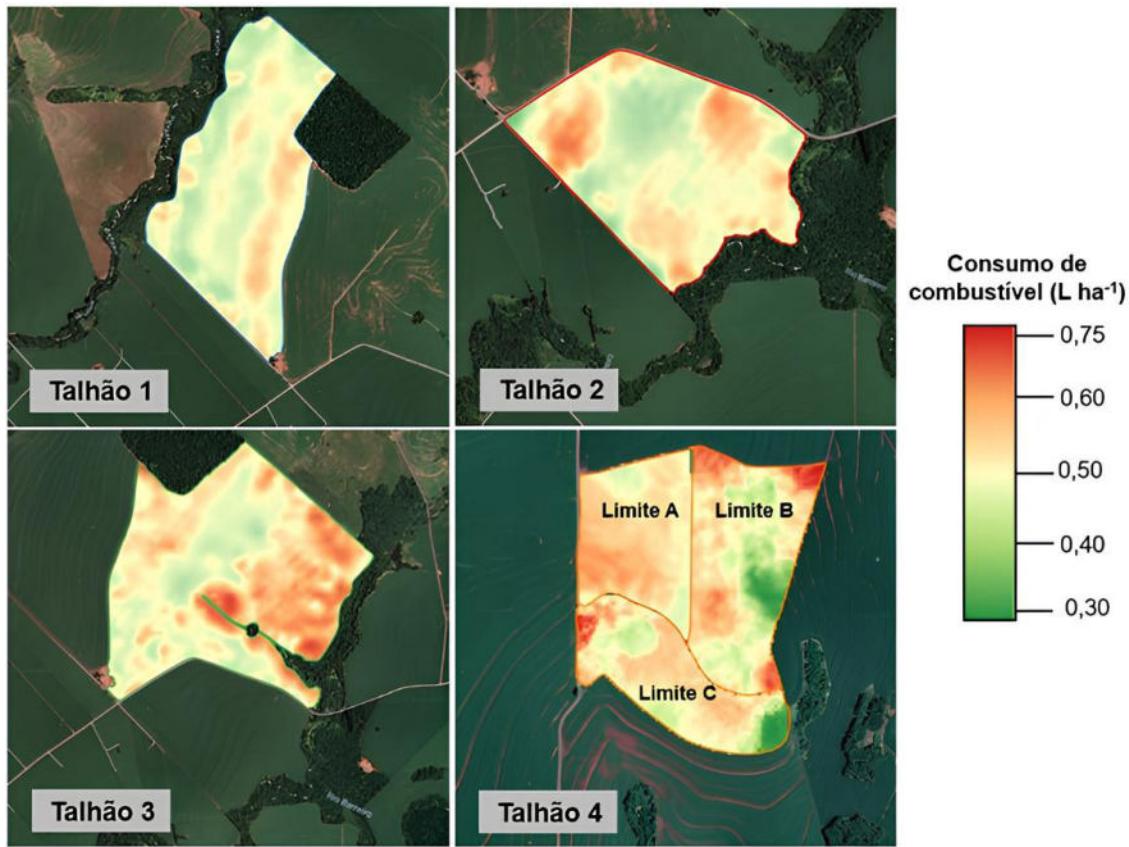


Figura 9. Mapas de consumo de combustível operacional nos talhões.

O controle de seções é amplamente aceito e utilizado em equipamentos com faixa definida pela própria largura da máquina, como pulverizadores e semeadoras, permitindo economia no uso de insumos e melhoria do desempenho das lavouras. Este recurso está agora disponível em distribuidores de fertilizantes e, de modo similar, permite economia de insumos, evita danos às lavouras e assegura menor impacto ambiental.

## REFERÊNCIAS

- AMOACY, F. C. Adubação na superfície ou incorporada? **Plantio Direto**, Piracicaba, v. 1, n. 73, p. 35, 2006.
- BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 307 p.
- CERQUEIRA LUZ, P. H.; OTTO, R.; VITTI, G. C.; QUINTINO, T. A.; ALTRAN, W. S.; IKEDA, R. Otimização da aplicação de corretivos agrícolas e fertilizantes. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v. 129, p. 1–13, 2010.
- CESB. Comitê Estratégico Soja Brasil. **Reunião anual de devolutiva técnica: 15º Desafio Nacional de Máxima Produtividade**. Indaiatuba, 2023.
- CUNHA, J. F.; FRANCISCO, E. A. B.; PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira no período de 2017 a 2020. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 19, p. 5–19, set. 2023.
- DERAL. Departamento de Economia Rural. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. **Pesquisa de preços pagos pelos produtores – 2023**. Disponível em: <<https://www.agricultura.pr.gov.br/Pagina/Departamento-de-Economia-Rural-Deral>>. Acesso em: 4 out. 2023.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemática da Produção Agrícola**: Série histórica da estimativa anual da área plantada, área colhida, produção e rendimento médio dos produtos das lavouras. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistemático-da-produção-agricola.html?=&t=series-historicas>>. Acesso em: 4 out. 2023.
- JACTO. **Uniport 5030 NPK**. Disponível em: <<https://jacto.com/brasil/products/adubadoras/uniport-5030-npk>>. Acesso em: 25 out. 2023.
- MATOS, M. A.; SALVI, J. V.; MILAN, M. Pontualidade na operação de semeadura e a antecipação da adubação e suas influências na receita líquida da cultura da soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 493–501, 2006.
- MIALHE, L. G. **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1974. 301 p.
- MILAN, M.; ROSA, J. H. M. Corte, transbordo e transporte (CTT): Aspectos relevantes e uso da modelagem para o CTT. In: BELARDO, G. C. et al. **Processos agrícolas e mecanização da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: SBEA, 2015. p. 415–428.
- PÖTTKER, D. Modos de aplicação de fósforo para uma sequência de culturas em plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 53, p. 15, out. 1999.
- REETZ, H. F. **Fertilizantes e seu uso eficiente**. 1ª ed. São Paulo: Associação Nacional Para Difusão de Adubos, 2017. 178 p.
- SENAR. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Mecanização: Aplicação de corretivos e fertilizantes com distribuidor centrífugo**. Brasília, 2017. 164 p. (Coleção SENAR, 182)