

Sistematização de área na mecanização agrícola para implantação de culturas

Eduardo Gehlen Spricigo^{1*}; Luiz Junior Perini¹

¹Curso de Agronomia, Centro Universitário Assis Gurgacz (FAG), Cascavel, Paraná

*eduardospricigo05@gmail.com

Resumo: Este trabalho explora a sistematização agrícola aplicada ao plantio, nas culturas de soja e milho. Realizado entre 2020 e 2025 em microrregiões do Paraná, como Cascavel, Assis Chateaubriand e Campo Mourão, o estudo emprega o uso de tecnologias de precisão, incluindo GPS, sensores e monitores, para otimizar o uso de insumos e reduzir o tempo de operação. Foram comparados métodos de plantio sem a adoção de tecnologia de linhas de orientação e plantio, analisando as variáveis eficiência operacional, velocidade e economia de combustível. O emprego da sistematização resultou em um aumento de 31% na eficiência operacional, 18% na velocidade média e redução de 27% no consumo de combustível. A sistematização de áreas mostrou retorno econômico e ambiental. A sistematização de área reduziu a emissão de CO₂, responsável pelo aquecimento global. A prática da sistematização de área proporcionou redução na emissão de CO₂ o que demonstra seu potencial para mitigar os efeitos das mudanças climáticas.

Palavras-chave: Semeadora; Projeto de linha; Tecnologia; Agricultura De Precisão

Use of area systematization in mechanization for implantation crops

Abstract: This work explores agricultural systematization applied to planting, in soybean and corn crops. Carried out between 2020 and 2025 in micro-regions of Paraná, such as Cascavel, Assis Chateaubriand and Campo Mourão, the study employs the use of precision technologies, including GPS, sensors and monitors, to optimize the use of inputs and reduce operating time. Planting methods were compared without the adoption of guidance and planting line technology, analyzing the variables operational efficiency, speed and fuel economy. The use of systematization resulted in a 31% increase in operational efficiency, an 18% increase in average speed and a 27% reduction in fuel consumption. The systematization of areas showed economic and environmental returns. Area systematization reduced CO₂ emissions, responsible for global warming. The practice of area systematization provided a reduction in CO₂ emissions, which demonstrates its potential to mitigate the effects of climate change.

Keywords: Seeder; Line project; Technology; Precision Agriculture.

Introdução

O Brasil, reconhecido como um dos maiores produtores mundiais de alimentos, fibras e biocombustíveis, possui aproximadamente 79,82 milhões de hectares de área cultivada, abrangendo culturas como soja, milho, trigo, feijão, arroz, algodão, cana-de-açúcar, entre outras (CONAB, 2024). Nesse cenário, o país ocupa uma posição de destaque na segurança alimentar global, impulsionada, sobretudo, pelo intenso uso da mecanização agrícola (USDA, 2024).

A utilização de máquinas agrícolas possibilita a realização de operações essenciais, como preparo do solo, semeadura, pulverização e colheita, fundamentais para viabilizar a produção em larga escala (NEGRETE, 2019). Desde a introdução dos primeiros tratores no século XX, a agricultura brasileira passou por uma verdadeira revolução tecnológica, incorporando, progressivamente, máquinas mais robustas, eficientes e inteligentes.

As máquinas agrícolas tiveram sua evolução devido aos avanços na área da tecnologia, resultando no aprimoramento dos sistemas com maior precisão e sofisticação. Um exemplo disso são as tecnologias da agricultura de precisão, que integra sistemas de GPS, monitores modernos, receptores de alta precisão e sensores inteligentes, podendo destacar ainda recursos de automação que se transformam em plataformas tecnológicas complexas (LUIS, 2019).

Essas transformações foram potencializadas, sobretudo, com a chegada da agricultura de precisão, que promove uma integração entre máquinas, sistemas de georreferenciamento (GPS), sensores, monitores de desempenho e softwares de gestão agrônômica. Atualmente, os equipamentos agrícolas contam com tecnologias embarcadas capazes não apenas de executar operações com elevado nível de precisão, mas também de gerar, processar e transmitir dados em tempo real (LUIS, 2019; GREGO, 2020). Tais informações são essenciais para que o produtor possa tomar decisões assertivas, reduzir desperdícios, otimizar insumos e maximizar os resultados produtivos e econômicos, além de atender às exigências crescentes por práticas agrícolas mais sustentáveis.

Com isso, essas máquinas desenvolvidas tecnologicamente realizam não somente operações agrícolas com maior eficiência, mas também geram e analisam dados em tempo real. As informações coletadas diretamente do campo são usadas para monitorar o desempenho das máquinas, otimizando o uso de insumos, buscando melhorar a tomada de decisões, proporcionando uma agricultura mais sustentável e rentável (GREGO, 2020).

As perspectivas futuras para o setor indicam uma crescente incorporação de tecnologias emergentes, como robótica, automação, inteligência artificial, aprendizado de máquinas, sensoriamento massivo e Internet das Coisas (IoT), que continuarão transformando profundamente a dinâmica da atividade agrícola (OLIVEIRA, 2022). Nesse contexto, a agricultura caminha para um modelo cada vez mais conectado, automatizado e orientado por dados.

A operação de máquinas equipadas com sistemas tão avançados exige um nível elevado de capacitação técnica por parte dos operadores, que podem enfrentar dificuldades para utilizar de forma eficaz essas ferramentas. Além disso, a implementação dessas tecnologias demanda investimentos substanciais em infraestrutura e treinamento, o que pode representar uma barreira para muitos produtores (BASSOI, 2019).

Para que essas tecnologias expressem seu potencial máximo, torna-se fundamental que as propriedades estejam organizadas de forma eficiente, considerando o adequado planejamento das áreas de cultivo, a definição de talhões padronizados, o alinhamento das linhas de plantio e a otimização das rotas operacionais das máquinas. A sistematização, neste contexto, refere-se a um conjunto de práticas voltadas à melhoria do fluxo operacional, à redução de manobras, sobreposições e falhas, bem como ao aumento da eficiência no uso de insumos e na gestão do tempo de trabalho no campo (BASSOI, 2019).

Sem essa organização estrutural e operacional, até mesmo os mais modernos recursos da agricultura de precisão podem não atingir sua máxima eficiência, visto que a desorganização dos talhões e a falta de alinhamento nas operações comprometem a uniformidade dos processos, elevam o consumo de combustível, aumentam o tempo de execução das atividades e geram impactos econômicos e ambientais negativos. (BERNARDI *et al.*, 2014).

Além disso, a adoção dessas tecnologias e práticas modernas enfrenta desafios, especialmente entre médios e pequenos produtores. A necessidade de elevados investimentos em maquinário, infraestrutura, softwares e treinamento de mão de obra qualificada, somada às dificuldades de acesso a linhas de crédito, limitações logísticas e às variabilidades climáticas, impõe barreiras que ainda precisam ser superadas ((BASSOI, 2019).

Diante do exposto o objetivo deste trabalho é avaliar a eficiência da sistematização de área para implantação de culturas agrícolas.

Material e Métodos

O experimento foi realizado nas microrregiões do Estado do Paraná, abrangendo as cidades de Cascavel, Assis Chateaubriand, Campo Mourão, Cianorte, Goioerê, Marechal Cândido Rondon, Medianeira, Palotina, Toledo, Ubitatã e Umuarama. A escolha dessa região foi estratégica, pois corresponde à área de atuação das máquinas utilizadas no experimento, garantindo a representatividade dos dados para o tipo de operação analisada.

O experimento está sendo conduzido ao longo do período de 2020 a 2025. A decisão por um período de cinco anos visa capturar variações sazonais e operacionais, proporcionando uma análise robusta dos impactos da sistematização agrícola sobre o desempenho das operações de plantio.

A configuração do experimento envolveu dois cenários distintos: O primeiro cenário, denominado T1 (testemunha), representa o plantio sem o projeto de sistematização agrícola, utilizando o sistema de plantio convencional. O segundo cenário, denominado T2, compreende o plantio utilizando o projeto de sistematização agrícola, com tecnologias integradas nos tratores e plantadeiras. Não foram realizadas repetições experimentais devido à natureza do experimento, sendo considerado um tratamento experimental com base na comparação direta entre os dois cenários.

Todos os equipamentos agrícolas utilizados no experimento são da marca John Deere, sendo equipados com tecnologia de piloto automático, que inclui sistema de direção, monitor, receptor e sinal RTK (Real-Time Kinematic), garantindo uma precisão superior nas operações de campo. As plantadeiras são equipadas com a tecnologia RowCommand, que permite o desligamento automático de linhas de semeadura e seções de adubo, otimizando o uso de insumos e evitando sobreposição, maximizando a eficiência operacional.

O plantio foi realizado utilizando o sistema de plantio direto, que mantém a palhada na superfície do solo, reduzindo a erosão e melhorando a retenção de umidade. Esse sistema foi adotado em ambos os tratamentos, garantindo uma base comum para a comparação dos resultados.

Os seguintes parâmetros foram analisados ao longo do experimento, com o objetivo de avaliar a eficiência e a lucratividade dos sistemas de plantio: rendimento (hectares/hora), consumo de combustível (litros/hectare), eficiência operacional e lucratividade.

O rendimento foi avaliado pela área cultivada por hora de trabalho, enquanto o consumo de combustível foi medido em cada tratamento. A eficiência operacional foi comparada com base no tempo necessário para realizar as operações de plantio. A lucratividade foi analisada

considerando os custos e benefícios obtidos em cada cenário, levando em conta a economia combustível e o aumento da produtividade.

Os dados foram coletados e monitorados por meio da plataforma Operations Center, uma ferramenta da John Deere que permite o acompanhamento e a análise das operações agrícolas em tempo real. Essa plataforma registrou informações detalhadas sobre o rendimento, consumo de combustível, tempo de operação e outras variáveis relevantes para o estudo.

A Tabela 1 apresenta as coordenadas geográficas (latitude e longitude), o relevo e a elevação das cidades envolvidas no estudo. Essas informações foram obtidas a partir de dados do IBGE (2020) e são fundamentais para contextualizar as condições topográficas e geográficas de cada área de estudo.

Tabela 1 - Coordenadas geográficas, o relevo e a elevação das cidades do Paraná, envolvidas no estudo. Cascavel / PR, 2024.

Cidade	Latitude	Longitude	Relevo	Elevação (m)
Cascavel	-249.555	-534.552	Planalto	785
Medianeira	-252.958	-540.947	Planalto	580
Toledo	-247.244	-537.438	Planalto	543
Umuarama	-237.656	-533.241	Planice	430
Campo Mourão	-240.463	-523.775	Depressão	630
Cianorte	-236.589	-526.054	Planice	530
Ubiratã	-245.396	-529.899	Planalto	490
Assis Chateaubriand	-244.165	-535.188	Planice	460
Goioerê	-241.833	-530.128	Planalto	550

Fonte: IBGE (2020).

Resultados e Discussões

As operações de plantio foram monitoradas em diferentes áreas com e sem sistematização, conforme descrito na Tabela 2, que apresenta os dados brutos coletados, incluindo a velocidade de deslocamento, eficiência operacional, e consumo de combustível durante as atividades. Os resultados obtidos permitiram observar ganhos importantes nos parâmetros analisados, reforçando a viabilidade do uso de técnicas modernas para maximizar a competitividade e a rentabilidade na produção agrícola.

Tabela 2 – Dados brutos das operações de plantio com e sem sistematização, excetuando a identificação por município. Cascavel/PR, 2024.

Tratamentos	AS*	TSH	V	EFO	TCA	TCT
T1	112,40	29,70	6,00	3,80	7,90	29,90
T1	61,60	15,95	4,00	3,90	12,00	46,30
T1	34,10	8,48	3,70	4,00	11,00	44,30
T1	92,70	21,58	4,30	4,30	10,80	46,60
T1	9,90	2,98	3,90	3,30	14,60	48,20
T1	19,30	4,72	7,30	4,10	5,70	23,50
T1	442,40	131,48	5,80	3,40	6,20	21,00
T1	55,50	18,58	5,10	3,00	7,00	20,80
T1	78,10	22,22	6,10	3,50	6,50	22,70
T1	40,60	8,50	6,20	4,80	7,40	35,30
T1	132,40	32,05	5,60	4,10	7,20	29,90
T1	28,10	6,13	5,90	4,60	7,30	33,30
T1	34,10	7,12	6,10	4,80	7,30	34,90
T1	150,50	45,63	5,90	3,30	6,80	27,00
T2	111,40	21,55	6,00	5,20	4,90	25,10
T2	60,80	12,42	6,20	4,90	4,40	21,30
T2	29,80	3,80	6,90	7,90	5,90	46,30
T2	91,00	11,60	7,00	7,80	6,00	47,20
T2	10,10	1,50	6,10	6,70	5,80	39,10
T2	88,10	21,25	7,40	4,10	5,60	23,40
T2	415,60	117,95	6,10	3,50	6,90	24,40
T2	26,80	8,00	6,00	3,30	7,70	25,80
T2	87,90	25,50	6,20	3,40	6,30	21,80
T2	40,60	10,15	5,20	4,00	6,70	27,00
T2	151,30	30,23	6,40	5,00	6,30	31,40
T2	28,80	6,25	6,00	4,60	6,60	30,50
T2	34,00	6,98	6,20	4,90	6,20	30,20
T2	197,30	58,17	6,00	3,40	6,60	22,50

* AS = Área Semeada (ha); TSH = Tempo de Semeadura em horas; V = Velocidade (km h⁻¹); EFO = Eficiência Operacional (ha h⁻¹); TCA = Taxa de Combustível (Área) (L ha⁻¹); TCT = Taxa de Combustível (L h⁻¹).

4.1 Eficiência Operacional

Como pode ser observado na Tabela 3, a eficiência operacional apresentou um incremento significativo com o uso da sistematização. No tratamento sem sistematização (T1), a média foi de 3,87 ha/h, enquanto no tratamento com sistematização (T2) alcançou 5,07 ha/h, representando um ganho de aproximadamente 31%. Este aumento evidencia o impacto positivo do uso de tecnologias de orientação e controle, como piloto automático e desligamento de linhas, que otimizam as operações e reduzem o retrabalho no campo. A eficiência operacional está diretamente relacionada ao bom planejamento das atividades agrícolas, à redução de tempo improdutivo e ao melhor aproveitamento dos recursos disponíveis (Chioderoli *et al.*, 2012).

Tabela 3 – Indicadores operacionais médios para áreas sem sistematização agrícola (T1) e áreas com sistematização (T2).

Indicador	T1	T2	Diferença (%)
Velocidade Média (km h ⁻¹)	5,32	6,30	+18%
Eficiência Operacional (ha h ⁻¹)	3,87	5,07	+31%
Taxa de Combustível por Área (L ha ⁻¹)	7,84	5,70	-27%
Taxa de Combustível por Tempo (L h ⁻¹)	30,91	27,73	-10%

4.2 Velocidade Média

A velocidade média das operações também foi superior no tratamento T2 (6,30 km/h) em comparação ao T1 (5,32 km/h), (tabela 3) com um aumento de cerca de 18%. Essa melhoria está relacionada à organização do plantio, à redução de manobras e sobreposições, além da maior fluidez proporcionada pela sistematização do terreno. O autor Jasper *et al.*, (2025), observaram que, semear em velocidades maiores apresenta vantagens na capacidade operacional e consumo de combustível.

4.3 Consumo de Combustível por Área

Em relação ao consumo de combustível por hectare, observou-se uma redução expressiva de 27% no T2 (5,70 L/ha) em comparação ao T1 (7,84 L/ha) (tabela3). A redução do consumo está diretamente associada ao menor número de passadas sobrepostas e à otimização das rotas de plantio, proporcionando economia de insumos e sustentabilidade no uso dos recursos. De acordo com Silveira *et al.* (2022), a combustão emite poluentes na atmosfera, aumentando a emissão dos gases do efeito estufa. Nesse sentido, tecnologias como a

sistematização de área que mitigam a combustão dos motores a Diesel, é uma ferramenta para alcançar uma agricultura sustentável e regenerativa.

4.4 Consumo de Combustível por Tempo

O consumo de combustível por tempo de operação também apresentou uma diminuição de cerca de 10%, passando de 30,91 L/h no T1 para 27,73 L/h no T2. Este dado reforça que a sistematização não apenas melhora o rendimento por área, mas também contribui para maior eficiência energética ao longo do tempo de trabalho. Por outro lado, Kuboń et al., (2024), observaram que as novas máquinas agrícolas consomem em média 8% mais combustível. Esse aumento nas máquinas novas é devido ao aumento da potência dos tratores.

Esses resultados reforçam a importância de investimentos em mecanização inteligente, especialmente diante de um cenário agrícola que demanda produtividade elevada, sustentabilidade e eficiência no uso de insumos. A sistematização, portanto, deixa de ser apenas uma tendência e passa a representar uma necessidade estratégica para agricultores que buscam competitividade em um mercado cada vez mais tecnológico e exigente.

A sistematização de áreas agrícolas, aliada às tecnologias da agricultura de precisão, mostrou-se uma estratégia eficiente e tecnicamente viável para otimizar as operações de plantio nas regiões analisadas do Paraná. Ao longo do período avaliado (2020 a 2025), comprovou-se que o uso de recursos como GPS, sensores, monitores embarcados e piloto automático proporcionou ganhos operacionais expressivos.

Conclusão

O emprego da sistematização resultou em um aumento de 31% na eficiência operacional, 18% na velocidade média e redução de 27% no consumo de combustível.

A sistematização de áreas mostrou retorno econômico e ambiental.

A sistematização de área reduziu a emissão de CO², responsável pelo aquecimento global.

Referências

- BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. D. C.; VAZ, C. M. P.; SPERANZA, E. A.; CRUVINEL, P. E. Agricultura de precisão e agricultura digital. **TECCOGS**, nº. 20, p.17-36. 2019.
- CHIODEROLI, C. A. et al. Desempenho operacional de um conjunto mecanizado em função da largura de trabalho na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 5, p. 516-520, 2012.
- CONAB - COMPANHIA BRASILEIRA DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra Brasileira de grãos**. v. 11. Safra 2023/2024 n. 12 – Décimo segundo levantamento. Brasília, maio de 2024. 117 p.
- GREGO, C. R.; SPERANZA, E. A.; RODRIGUES, G. C.; LUCHIARI JÚNIOR, A.; VENDRUSCULO, L. G.; RODRIGUES, C. A. G.; INAMASU, R. Y.; VAZ, C. M. P.; RABELLO, L. M.; JORGE, L. A. DE C.; ZOLIN, C. A.; DOS SANTOS, J. C. F.; RONQUIM, C. C. **Tecnologias desenvolvidas em Agricultura de Precisão**. Cap 7. p. 166 – 191. 2020.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Atlas geográfico escolar. 7. ed. Rio de Janeiro, 2020.
- JASPER, S. P. et al. Energy efficiency of four-wheel drive tractor in sowing operation. **Ciência Rural**, v. 55, n. 1, p. e20240141, 2024.
- KUBOŃ, M. et al. The impact of purchasing new agricultural machinery on fuel consumption on farms. **Sustainability**, v. 16, n. 1, p. 52, 2024.
- NEGRETE, J. The role of agricultural mechanization in food security. **Journal of Agricultural Research Advances**, v. 1, n. 3, p. 12-15, 2019.
- OLIVEIRA, V. L. C. de; MARINHO, M. R.; OLIVEIRA, D. C. de; PESTANA, M. S.; SILVA FILHO, S. S.; SPEROTTO, L.; OBANA, F. Estudo dos Agronegócios 4.0 – Tecnologias, desafios e benefícios nos Agronegócios. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 13, e363111335379, 2022.
- SILVEIRA, F. da et al. Fuel consumption by agricultural machinery: a review of pollutant emission control technologies. **Ciência Rural**, v. 53, n. 5, p. e20220029, 2022.
- USDA. World Agricultural Supply and Demand Estimates (WASDE) - September 2024. Disponível em: <https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/wasde0924.pdf>. Acesso em: 05 out. 2024.
- BERNARDI, A. C. de C. et al. Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar. **Embrapa Instrumentação**, São Carlos, SP, 2014. 212 p.