

# VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DE DIRECIONADORES AUTOMÁTICOS EM TRATORES AGRÍCOLAS

Gustavo Samuel Pacheco de Oliveira<sup>1</sup>

André Luiz Rodrigues da Silveira<sup>2</sup>

Renan Krupok Matias<sup>3</sup>

## RESUMO

A utilização de direcionadores automáticos em tratores agrícolas surge como uma inovação crucial na agricultura, impactando significativamente o manejo das culturas. Além de otimizar a distribuição de recursos agropecuários, esses sistemas promovem maior eficiência operacional, aumentando a rentabilidade das atividades agrícolas e, conseqüentemente, ajudando a enfrentar desafios econômicos como o aumento dos preços dos insumos agrícolas. Com a escalada dos custos de fertilizantes devido a fatores como a pandemia global, conflitos em países exportadores e valorização das commodities, a economia de insumos torna-se imperativa. Os direcionadores automáticos não apenas minimizam erros de paralelismo, mas também impactam positivamente em aspectos como consumo de combustível, eficiência do maquinário, tempo de manobra e índice de compactação do solo, oferecendo vantagens significativas. O objetivo deste trabalho foi descrever como o uso dos direcionadores automáticos podem viabilizar economicamente sua adesão para tratores agrícolas levando em consideração a área de plantio não aproveitada em comparativo com o sistema convencional. Neste estudo, analisamos as opções econômicas da adoção desses sistemas, priorizando a redução da área de plantio não aproveitada em comparação com a operação manual. Por meio de um estudo de caso, avaliamos o retorno do investimento considerando o aumento da área aproveitada no plantio com o uso de direcionadores automáticos. O uso de direcionadores automáticos reduz significativamente o erro médio em comparação com operações manuais, demonstrando sua eficácia na agricultura de precisão. Na operação direcionada, a perda por hectare é de apenas 0,46%, enquanto na operação manual, essa perda atinge 1,5%, destacando a vantagem dos direcionadores automáticos. Os dados apresentados neste trabalho nos mostram que na operação direcionada o erro médio entre passadas foi ligeiramente menor do que quando comparado com o sistema manual, sendo que para a operação manual o erro médio entre passadas foi de 10 centímetros, enquanto que na operação direcionada esse resultado foi de 3 centímetros. Os resultados revelaram ganhos financeiros substanciais, demonstrando que, apesar do alto custo inicial, o retorno sobre o investimento é rápido. Comparado com pesquisas anteriores, este estudo concentrou-se na redução da perda de área plantada por meio de direcionadores automáticos, resultando em um aumento mais modesto na rentabilidade em comparação com abordagens mais abrangentes de agricultura de precisão. Entretanto, os dispositivos automatizados de direcionamento se destacam como um recurso de grande valor para os agricultores, possibilitando uma utilização mais eficaz dos recursos e desempenhando um papel crucial no impulsionamento da produtividade, um fator essencial para superar os obstáculos da agricultura contemporânea.

**Palavras-chave:** Piloto automático; Agricultura de precisão; Eficiência operacional.

## THE ECONOMIC VIABILITY OF USING AUTOMATIC STEERING SYSTEMS IN AGRICULTURAL TRACTORS

### ABSTRACT

The use of automatic guidance systems in agricultural tractors emerges as a crucial innovation in agriculture, significantly impacting crop management. In addition to optimizing the distribution of agricultural resources, these systems promote greater operational efficiency, increasing the profitability of agricultural activities, and thereby helping to address economic challenges such as rising agricultural input prices. With the escalation of fertilizer costs due to factors like the global pandemic, conflicts in exporting countries, and commodity price appreciation, input cost savings become imperative. Automatic guidance systems not only minimize parallelism errors but also have a positive impact on aspects such as fuel consumption, machinery efficiency, maneuvering time, and soil compaction index, offering significant advantages. The objective of this study was to describe how the use of automatic guidance systems can economically justify their adoption for agricultural tractors, considering the reduction in lost planting area compared to conventional systems. In this study, we analyzed the economic options of adopting these systems, prioritizing the reduction of lost planted area compared to manual operation. Through a case study, we evaluated the return on investment considering the increased planted area with the use of automatic guidance systems. The use of automatic guidance systems significantly reduces the average error compared to

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo – E-mail: gustavo.samuel@estudante.uniaraguaia.edu.br

<sup>2</sup> Professor, doutor, orientador do curso de Engenharia Agrônômica – Centro Universitário Araguaia. E-mail: andresilveira@uniaraguaia.edu.br

<sup>3</sup> Professor, mestre, orientador do curso de Engenharia Agrônômica – Centro Universitário Araguaia. E-mail: renan.matias@uniaraguaia.edu.br

manual operations, demonstrating their effectiveness in precision agriculture. In guided operation, the loss per hectare is only 0.46%, while in manual operation, this loss reaches 1.5%, highlighting the advantage of automatic guidance systems. The data presented in this study show that in guided operation, the average error between passes was slightly smaller than when compared to the manual system, with the manual operation having an average error between passes of 10 centimeters, while in guided operation, this result was 3 centimeters. The results revealed substantial financial gains, demonstrating that despite the high initial cost, the return on investment is rapid. Compared to previous research, this study focused on reducing lost planted area through automatic guidance systems, resulting in a more modest increase in profitability compared to broader precision agriculture approaches. However, automated guidance devices stand out as a valuable resource for farmers, enabling more efficient resource utilization and playing a crucial role in boosting productivity, an essential factor in overcoming contemporary agricultural challenges.

Keywords: Automatic steering systems; Precision agriculture; Operational efficiency.

Recebido em 19 de fevereiro de 2024. Aprovado em 05 de abril de 2024

## INTRODUÇÃO

A utilização dos direcionadores automáticos pode ser considerado um marco na agricultura, pois, ao longo dos anos esse tipo de equipamento tem influenciado diretamente na forma de manejo de nossas culturas. Além de possibilitar melhor distribuição de recursos agropecuários, esse sistema pode proporcionar maior eficiência de operação nas lavouras e com isso aumentar a rentabilidade da cultura trabalhada.

A modernização da agropecuária se tornou presente no dia a dia do agricultor, com o aumento da mecanização e a necessidade da economia de insumos agrícolas devido ao seu alto preço atual. Os fertilizantes tiveram um drástico aumento nos preços recentemente devido a vários fatores como a pandemia global, guerras em países importadores de matéria-prima e o alto preço das commodities, portanto, se faz necessário a adoção de tecnologias que consigam diminuir perdas e aumentar a eficiência de aplicação desses insumos.

Convém atentar ainda à importância da mensuração não apenas de erros de paralelismo, mas também de outros fatores explanados como benefícios trazidos pelo piloto automático, entre eles: consumo de combustível, rendimento e eficiência de uso das máquinas, tempo gasto com manobras e índice de pisoteio das soqueiras, para os quais existem poucas informações na literatura. (Silva, 2010)

Nos últimos anos a margem de lucro dos agropecuaristas diminuiu de forma considerável, fatores como a baixa disponibilização de recursos minerais, aumento no preço do diesel e das máquinas agrícolas, influenciaram diretamente no faturamento líquido dos produtores. Em relação aos principais fatores podemos dar ênfase ao aumento no preço dos fertilizantes agrícolas, em decorrência dos acontecimentos recentes envolvendo a Rússia e a Ucrânia o preço dos insumos agrícolas foi impactado negativamente.

A guerra da Ucrânia já impactou significativamente toda a cadeia produtiva mundial de insumos. Considerando as palavras da equipe FieldView (2022), é evidente que, embora o conflito seja relativamente recente, seus efeitos já se fazem sentir de forma substancial em toda a cadeia produtiva global de insumos. A Rússia, sendo um dos principais fornecedores de fósforo, potássio e outros nutrientes minerais essenciais para a fabricação de fertilizantes, desempenha um papel fundamental na segurança alimentar e na agricultura em escala mundial. Portanto, qualquer perturbação nessa cadeia de suprimentos tem implicações significativas que merecem atenção.

Em resposta à necessidade na diminuição do uso de insumos, os sistemas de direcionadores automáticos se tornam uma opção atrativa ao produtor. Pois, com a aplicação das taxas variáveis, diminuição de perda de área cultivável e relatórios enviados pelos sinais de correção é possível evitar a sobreposição de insumos e aplicações desnecessárias em áreas com baixa necessidade de correção. Além disso, os sistemas de direcionadores automáticos por

manterem uma velocidade constante ocasionam na diminuição no uso de combustível. Porém, como toda tecnologia inovadora, os sistemas de direcionadores automáticos apresentam alto custo de adesão.

O estudo de viabilidade econômica abrange etapas referentes às análises sobre o mercado que pretende atuar, seguida pela projeção de faturamento para o cálculo dos indicadores que avaliarão a viabilidade do empreendimento (Rozenfeld et al., 2006)

Essa pesquisa informará os benefícios da adesão dos sistemas de direcionadores automáticos, priorizando a diminuição do erro entre as passadas de plantio com o uso dos direcionadores automáticos. Portanto, a pesquisa irá demonstrar quantitativamente os benefícios que a utilização do piloto automático pode trazer para o agricultor, e, além disso, dimensionar se o investimento se torna viável em relação ao tempo de retorno do recurso, baseado na economia que o sistema irá proporcionar.

O objetivo geral deste trabalho foi descrever como o uso dos direcionadores automáticos podem viabilizar economicamente sua adesão para tratores agrícolas levando em consideração a diminuição da área de plantio perdida em comparativo com o sistema convencional.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os sistemas de direcionadores automáticos são caracterizados pela diminuição de erros de aplicação, e de erros operacionais, proporcionando maior eficiência na utilização dos maquinários agrícolas. A partir dessa premissa, é necessário a compreensão da viabilidade econômica desse sistema com base em seus benefícios, visto que aplicando esse método é possível demonstrar o potencial na utilização dessas tecnologias ligadas à agricultura de precisão.

Contudo, sobre os sistemas de direcionadores automáticos é de suma importância entendermos o conceito de agricultura de precisão. “A agricultura de precisão (ap) pode ser definida como o uso de práticas agrícolas com base nas tecnologias de informação (ti) e ferramentas da mecanização e automação, considerando a variabilidade do espaço e do tempo sobre a produtividade das culturas. Ela pode ser entendida como um ciclo que se inicia na coleta dos dados, análises e interpretação dessas informações, geração das recomendações, aplicação no campo e avaliação dos resultados” (Gebbers; Adamchuk, 2010, p. 828-831).

Conforme Molin (2017) em 2001 surgiram as primeiras máquinas brasileiras aplicadoras para taxas variáveis de granulados e pós, equipadas com controladores importados e em 2002 surgiram os primeiros controladores nacionais para taxas variáveis [...]. Molin (2017) também afirma que em 2000 o governo norte-americano eliminou a degradação do sinal do GPS, que causava erro exagerado nos posicionamentos, o que resultava em custo operacional extra para correção diferencial. A partir daí os receptores de navegação de baixo custo se popularizaram. O autor ressalta que a partir do século XX surgiram as primeiras máquinas brasileiras com tecnologias da agricultura de precisão, além disso, o autor definiu que a partir do ano 2000 a utilização dos receptores de navegação teve um aumento devido à viabilização dos equipamentos de baixo custo, com isso houve uma popularização dos sistemas de direcionadores automáticos na agricultura.

Segundo Amaral et al. (2015) o correto seria a referência à agricultura com exatidão maior do que aquela com que já é praticada, para se atingir maior exatidão, é necessário utilizar recursos para aumentar a resolução em todo o processo, desde o diagnóstico, com mais dados, até as intervenções, com auxílio de automação. Portanto, o autor destaca a importância de aumentarmos a exatidão na agricultura por meio de monitoramentos, direcionamento e com a utilização dos sistemas direcionadores automáticos, sistemas esses que auxiliam diretamente na aplicação de taxas fixas e variáveis aumentando a eficiência de aplicação.

As máquinas e implementos trabalham com espaçamento fixo, e, se as fileiras estão desalinhadas e fora dos limites de tolerância especificados, as dificuldades nas operações são evidentes, como exemplo, o pisoteio das fileiras e as falhas na pulverização (Campos et al., 2008).

Como Bernardi *et al.* (2014) esses equipamentos, por atuarem de forma transparente, auxiliam o produtor a reduzir os erros, portanto, reduz a variabilidade espacial antrópica e natural do campo. É um elenco de tecnologias e procedimentos utilizados para que as lavouras e os sistemas de produção sejam otimizados, tendo como elemento chave o gerenciamento da variabilidade espacial da produção e dos fatores nela envolvida (Swinton, S. M.; Lowenberg-Deboer, 1998).

Existem dois principais tipos de pilotos automáticos utilizados atualmente, sendo eles o piloto elétrico e o piloto hidráulico. Em sua monografia Luiz Raupp (2012) apresenta que o sistema de piloto elétrico é acoplado diretamente ao sistema de direção garantindo eficiência e precisão, além de que a posição das rodas são obtidas através da leitura do encoder do motor, comparado aos outros modelos esse sistema é o que exige menor tempo de resposta ao comando. Já piloto hidráulico o autor diz que uma válvula hidráulica é diretamente conectada ao cilindro de direção do trator, além de ser composto por um sensor rotativo e absoluto que são instalados nas rodas do veículo para a obtenção do ângulo das mesmas (Raupp, 2012). O sistema de piloto hidráulico é utilizado no preparo de solo, ele tem a necessidade do uso de dois ou mais discos lisos de ancoragem que são utilizados como ferramenta de referência para o alinhamento do implemento e da máquina agrícola.

Com isso entendemos que o uso dos pilotos automáticos na agricultura foi um marco positivo, pois possibilitou o aumento da precisão nas atividades agrícolas. Conforme Oliveira (2012) alguns benefícios na utilização dos pilotos automáticos na agricultura sendo eles a redução do desgaste sofrido pelo trabalhador rural, pois, não terá que seguir as rotas do maquinário por longos períodos, melhora na eficiência e precisão do trabalho agrícola e a minimização das duplas aplicações de insumos na mesma área e conseqüentemente ocasionando na diminuição dos gastos na cultura.

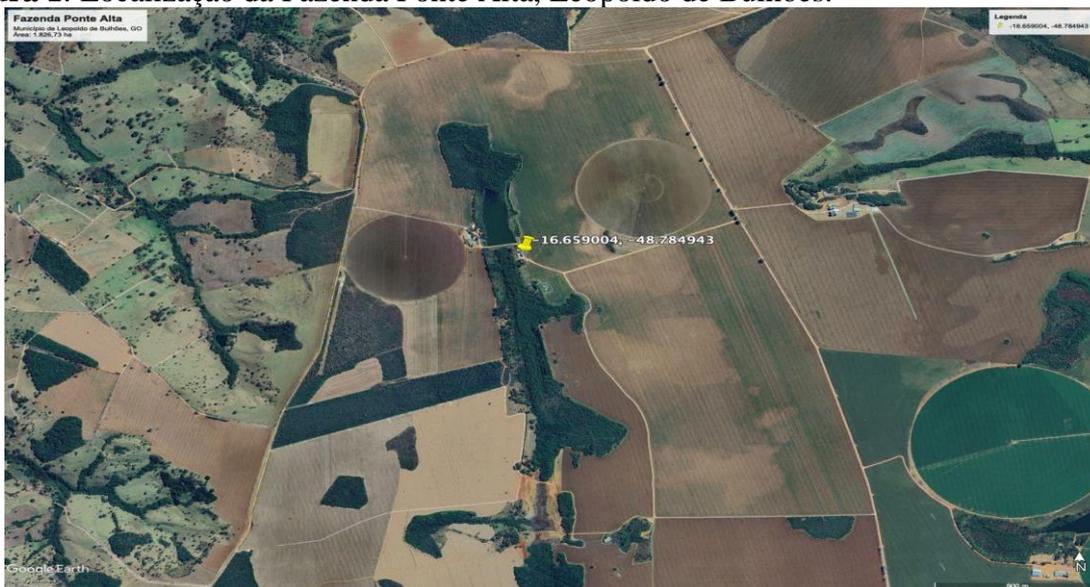
Portanto, é fundamental o estudo sobre a viabilidade econômica dessa tecnologia, pois, é de suma importância que o agricultor entenda a importância desse sistema de direção para a minimização de perdas de produção, além de entender como esse sistema se viabiliza em relação aos benefícios apresentados.

## MATERIAL E MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDO

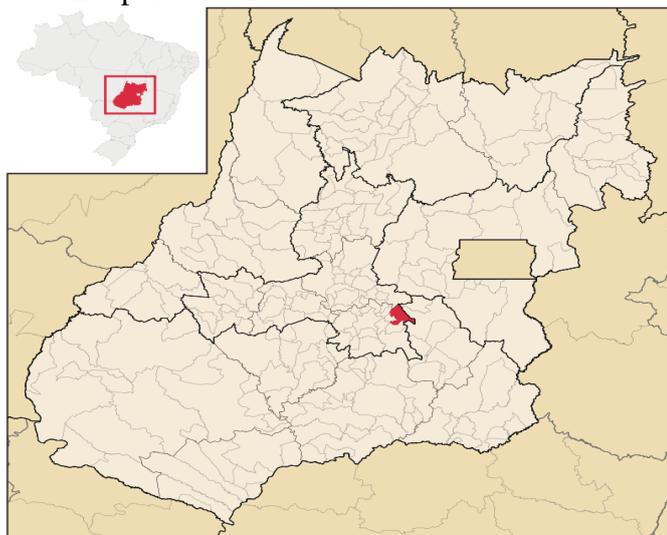
O estudo foi realizado na Fazenda Ponte Alta (Figura 1) e (Figura 2), localizada no município de Leopoldo de Bulhões, Goiás. A fazenda possui uma área cultivável de 1826 hectares.

**Figura 1:** Localização da Fazenda Ponte Alta, Leopoldo de Bulhões.



**Fonte:** Elaboração própria a partir de dados do Google Earth, 2023.

**Figura 2:** Localização de Leopoldo de Bulhões em Goiás



**Fonte:** Wikipedia, 2006.

## COLETA DE DADOS

Este trabalho utilizou o método de estudo de caso, adequado para investigar características complexas em um contexto real. O estudo de caso permitirá uma análise dos custos e benefícios dos direcionadores automáticos em uma situação real de utilização de máquinas agrícolas.

Para o estudo será utilizado um trator modelo T7 205 equipado com uma plantadeira de 13 linhas, com espaçamento de 50 cm entre as linhas. O estudo será realizado da seguinte maneira:

- Identificação do erro médio entre passadas na operação de plantio sem a utilização de ferramentas de direcionamento automático: nas primeiras 7 passadas da máquina foram coletados com uma fita métrica, dados referente a distância entre as linhas de plantio, isso permitirá a identificação do erro médio para a operação manual.
- Uso do piloto automático para a identificação do erro médio: após a coleta dos dados de operação manuais, o piloto automático Nav CNH com a antena AG 392 será ativado

para as passadas subsequentes, com isso foram coletadas em 7 passadas do trator com uma fita métrica o erro médio entre passadas na utilização da tecnologia de direcionadores automáticos.

## ANÁLISE DOS DADOS

Foi avaliado através de cálculos os retornos referente ao aumento do tamanho da área plantada utilizando a tecnologia direcionadores automáticos, para isso usamos o erro médio entre passadas na operação manual e na operação com direcionadores automático, produtividade média da safra é o valor atual de venda da commodity.

### **Fórmula 1: $Lt = NL \times E$**

Em que  $Lt$  é a Largura de trabalho do implemento;  $NL$  é o número de linhas da plantadeira; e  $E$  é o espaçamento entre as linhas da plantadeira:

Com a largura de trabalho do implemento podemos saber a quantidade de vezes que ele passa em um hectare.

### **Fórmula 2: $NP = L / Lt$**

Em que  $NP$  é o número de passadas em 1 (um) Hectare;  $L$  é a largura de 1 (um) Hectare; e  $Lt$  é a largura de trabalho do implemento:

Sabendo a quantidade de vezes que o implemento passará em um hectare, podemos calcular o quanto o erro médio entre passadas pode influenciar na perda de área em 1 (um) hectare.

### **Fórmula 3: $AP_{\text{manual}} = (NP \times E_{\text{manual}} \times L) / A$**

Em que  $AP_{\text{manual}}$  é a área não aproveitada por hectare na operação manual;  $NP$  é o número de passadas em 1 (um) hectare;  $E_{\text{manual}}$  é o erro médio entre passadas na operação manual;  $L$  é a largura de 1 (um) Hectare; e  $A$  é a área de 1 hectare;

O resultado dessa equação nos informará o valor referente a área não aproveitada em um hectare com o trator sem utilizar a tecnologia de direcionamento automático.

### **Fórmula 4: $ATP_{\text{manual}} = AT \times AP_{\text{manual}}$**

Em que  $ATP_{\text{manual}}$  é a área total não aproveitada sem direcionadores;  $AT$  é a área total de trabalho; em que  $AP_{\text{manual}}$  é a área não aproveitada por hectare na operação manual.

Com o resultado desta equação podemos estimar o tamanho da área total não aproveitada em decorrência do erro médio entre passadas na operação manual.

### **Fórmula 5: $AP_{\text{direcionado}} = (NP \times E_m \times L) / A$**

Em que  $AP_{\text{direcionado}}$  é a área não aproveitada por hectare utilizando direcionadores automáticos;  $NP$  é o número de passadas em 1 (um) hectare;  $E_m$  é o erro médio entre passadas;  $L$  é a largura de 1 (um) Hectare; e  $A$  é a área de 1 hectare.

A partir dessa equação teremos o resultado da área não aproveitada por hectare com uma máquina utilizando a tecnologia de piloto automático.

### **Formula 6: $ATP_{\text{direcionado}} = AT \times AP_{\text{direcionado}}$**

Em que  $ATP_{\text{direcionado}}$  é a área total não aproveitada com direcionadores automáticos;  $AT$  é a área total de trabalho; Em que  $AP_{\text{direcionado}}$  é a área não aproveitada por hectare utilizando direcionadores automáticos.

Com o resultado desta equação podemos estimar o tamanho da área total não aproveitada em decorrência do erro médio entre passadas na operação utilizando os direcionadores automáticos.

**Fórmula 7:  $RP_{soja} = (ATP_{manual} - ATP_{direcionado}) \times PM \times PS$**

Em que  $RP_{soja}$  é o retorno sobre o aumento da área aproveitada na soja;  $ATP_{manual}$  é a área total não aproveitada sem direcionadores;  $ATP_{direcionado}$  é a área total não aproveitada com direcionadores automáticos;  $PM$  é a produtividade média; é  $PS$  é o preço da saca.

**Fórmula 8:  $RP_{milho} = (ATP_{manual} - ATP_{direcionado}) \times PM \times PS$**

Em que  $RP_{milho}$  é o retorno sobre o aumento da área aproveitada no milho;  $ATP_{manual}$  é a área total não aproveitada sem direcionadores;  $ATP_{direcionado}$  é a área total não aproveitada com direcionadores automáticos;  $PM$  é a produtividade média; é  $PS$  é o preço da saca.

**Fórmula 9:  $Payback = (RP_{soja} + RP_{milho}) - CI$**

Em que  $Payback$  é o retorno do investimento após duas safras;  $RP_{soja}$  é o retorno sobre o aumento da área aproveitada da soja;  $RP_{milho}$  é o retorno sobre o aumento da área aproveitada de milho; e  $CI$  é o custo inicial do investimento.

O cálculo do  $payback$  é uma maneira de determinar em quanto tempo você recupera seu investimento inicial com os lucros gerados. Após o resultado dessa equação podemos determinar a viabilidade dos direcionadores automáticos nas máquinas agrícolas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os cálculos comparativos entre o sistema convencional e o sistema com o uso de tecnologia nos mostram que ganhamos cerca de 1,5% de área aproveitada por hectare com o uso dos direcionadores automáticos. Com isso, foi possível calcular o tempo para o retorno sobre o investimento na tecnologia em 800 hectares, considerando apenas o plantio.

### Implementos

Conforme a Quadro 1, entendemos que para a cobertura de 1 hectare com a utilização de um implemento de 13 linhas de plantio com o espaçamento de 50 centímetros será necessário realizar um total de 15,4 passadas. Ou seja, quanto maior a largura de trabalho de uma plantadeira menor será a quantidade de passadas necessárias para a cobertura total de 1 hectare.

**Quadro 1.** Número de passadas por hectare (unidades) em relação a largura de trabalho do implemento (metros). Goiânia – GO.

Número de linhas	Espaçamento (Metros)	Largura de trabalho (Metros)	Número de passadas por hectare
10	0,5	5,0	20
11	0,5	5,5	18,2
12	0,5	6,0	16,6
13	0,5	6,5	15,4
14	0,5	7,0	14,3
15	0,5	7,5	13,3
16	0,5	8,0	12,5

**Fonte:** De autoria própria..

De acordo com as considerações de PIACENTINI (2012), a eficiência operacional da máquina está intrinsecamente ligada tanto à largura de trabalho do implemento quanto à velocidade de execução. Portanto, ao considerar esses aspectos em conjunto, podemos otimizar a eficiência e a eficácia das operações, resultando em benefícios significativos para as indústrias e os processos em que essas máquinas são aplicadas.

### Erro entre passadas

Após a realização de 15 passadas por hectare, calculamos o erro médio entre essas passadas, conforme apresentado na Tabela 1. É relevante destacar que a primeira passada foi excluída da análise, uma vez que não havia uma passagem anterior para permitir o cálculo do erro. Essa exclusão foi necessária para garantir a integridade dos resultados. Nossas observações revelam uma diferença significativa no erro médio entre as passadas ao comparar operações manuais e a utilização de direcionadores automáticos. Os dados indicam que, na operação manual, o erro médio entre as passadas foi substancialmente maior em comparação com a utilização de direcionadores automáticos.

**Tabela 1.** Valores do erro entre passadas (centímetros) na operação manual (OP manual) e operação direcionada (OP direcionada). Leopoldo de Bulhões, 2022.

Número da Passada	OP manual	OP direcionada
	Centímetros	
0	0 cm	0 cm
1	11 cm	2 cm
2	10 cm	4 cm
3	12 cm	4 cm
4	6 cm	3 cm
5	10 cm	2 cm
6	13 cm	3 cm
7	8 cm	3 cm
Erro médio entre passadas	10 cm	3 cm

<sup>1</sup> Comparação na linha entre o erro entre passadas na operação manual e na operação direcionada em cm.

**Fonte:** De autoria própria

Segundo De Moraes et al. (2011), a principal vantagem dos pilotos automáticos está relacionada à minimização de erros durante as operações mecanizadas, alcançada por meio da substituição do operador no controle do direcionamento das máquinas. Portanto, esse resultado evidencia a eficácia e a precisão que os direcionadores automáticos podem proporcionar, destacando a importância desses sistemas na agricultura de precisão.

### Área não aproveitada

Os resultados apresentados no quadro 1 revelam a diferença significativa entre duas abordagens na agricultura: a operação direcionada, que utiliza direcionadores automáticos, e a operação manual.

Na operação direcionada, a perda por hectare é de apenas 0,46%, o que é uma porcentagem relativamente baixa. Isso significa que, em média, apenas 0,46% da colheita é perdida por hectare quando a tecnologia de direcionamento automático é aplicada. No entanto, quando extrapolamos esse valor para uma área de 800 hectares, a perda total é de 3,69 hectares. Por outro lado, na operação manual, a perda por hectare é muito maior, atingindo 1,5%. Isso indica que, sem o auxílio de direcionadores automáticos, uma porcentagem significativamente

maior da colheita é perdida em cada hectare. Quando extrapolamos esse valor para 800 hectares, a perda total chega a 12,3 hectares, o que é mais de três vezes maior do que a perda na operação direcionada.

**Quadro 1.** Área não aproveitada por hectare (%) e área total não aproveitada (hectare) na utilização do tipo de operação (Manual e Direcionada). Goiânia – GO.

<b>Tipo de operação</b>	<b>Área perdida por hectare (%)</b>	<b>Quantidade de hectare</b>	<b>Área total não aproveitada (hectares)</b>
Operação direcionada	0,46%	800	3,69
Operação manual	1,5%	800	12,3

**Fonte:** De autoria própria.

Em nosso estudo, conduzido em consonância com a pesquisa de Baio (2011), investigamos o impacto do uso de direcionadores automáticos em comparação com o direcionamento manual. Enquanto Baio (2011) relatou uma eficiência cinco vezes maior ao empregar direcionadores automáticos, nossos resultados indicam que a utilização dessas ferramentas resultou em uma precisão aproximadamente três vezes maior do que o direcionamento manual. Essa discrepância de resultados pode ser atribuída a variações na metodologia, na definição de eficiência e precisão, bem como em outras diferenças nas abordagens adotadas. É fundamental reconhecer essas divergências e contextualizá-las em nossa análise crítica, enfatizando a complexidade desse tópico e a necessidade de considerar múltiplos fatores ao avaliar o desempenho de direcionadores automáticos.

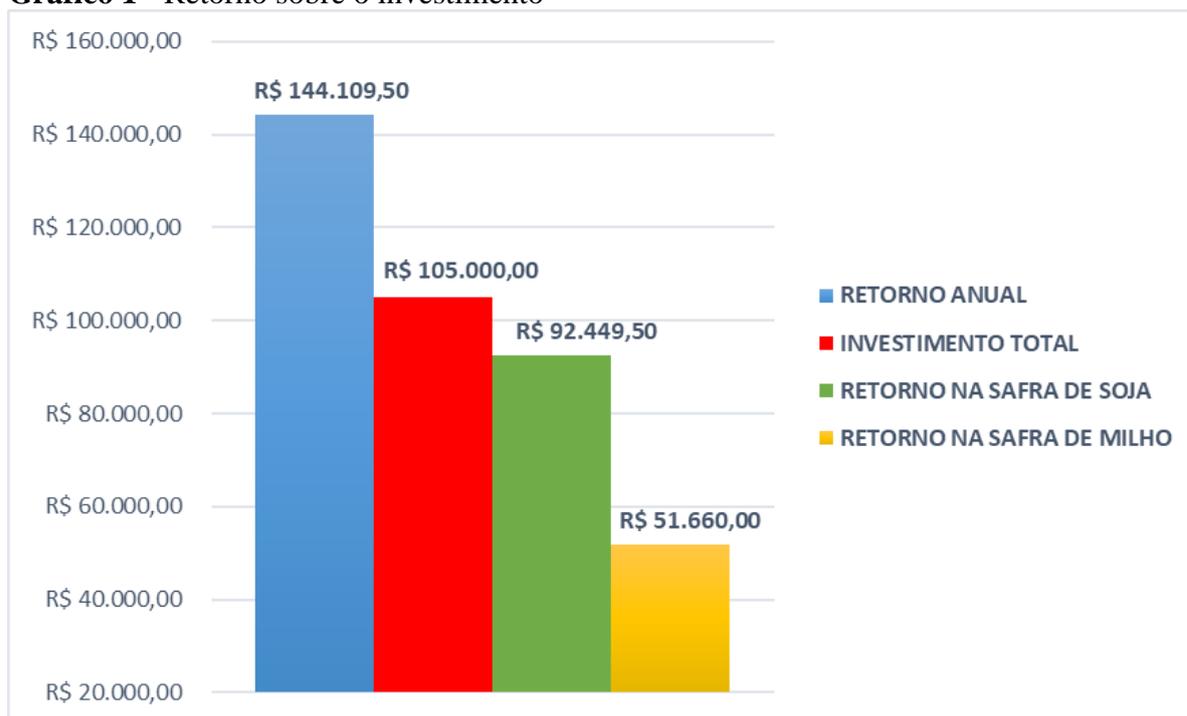
### **Retorno Financeiro Estimado**

Sabendo a perda que cada sistema tem podemos calcular o retorno financeiro utilizando o sistema de direcionadores automáticos e comparar com o seu custo, assim como mostrado no Gráfico 1. Com o orçamento parcial e a rentabilidade, foi calculada a diferença em rendas e custos para os dois sistemas alternativos com a mudança do sistema sem orientação de precisão para o sistema de piloto automático, a fim de evidenciar as vantagens econômicas, caracterizando-se pelo estudo dos princípios que determinam a distribuição dos meios escassos entre fins competitivos, quando o objetivo da distribuição é elevar ao máximo os rendimentos dos fins (Arbage.2000).

No contexto do estudo realizado, a implementação da tecnologia de direcionamento automático teve um impacto financeiro positivo notável. Ao analisarmos especificamente o aumento da área aproveitada na safra de 2022, verificamos um ganho líquido de R\$39.109,50. Isso se baseou em uma área total de 800 hectares, onde a primeira safra de soja alcançou uma produtividade média de 65 sacas por hectare, com uma venda a R\$ 165,00 por saca (Conab, 2022), seguida por uma segunda safra de milho, que teve uma produtividade média de 80 sacas por hectare, com a saca vendida a R\$ 75,00 (Conab, 2022).

É importante notar que, embora esse resultado seja positivo, a análise financeira também está incluída no conceito de “Payback”, que foi mencionado por Souza (2008). Um Payback mais longo indica um período maior de recuperação do investimento inicial, apontando um risco mais elevado associado à implementação do projeto. Isso destaca a necessidade de considerar cuidadosamente a gestão de riscos ao implementar tecnologias e projetos, mesmo quando os resultados financeiros são promissores.

**Gráfico 1 - Retorno sobre o investimento**



**Fonte:** De autoria própria.

Em comparação com o estudo realizado por Baio (2017), os resultados da presente pesquisa revelaram diferenças substanciais no impacto da tecnologia de direcionamento automático na agricultura. Baio (2017) documentou um notável aumento de aproximadamente 3,3% na rentabilidade e de 7,9% no lucro operacional em relação à agricultura convencional. Em contrapartida, a pesquisa conduzida neste trabalho demonstrou um ganho mais modesto de 1,37% em relação à rentabilidade. É crucial destacar que essas discrepâncias nos resultados podem ser atribuídas a divergências nas abordagens metodológicas e nas variáveis consideradas em cada estudo. Enquanto a pesquisa de Baio (2017) abarcou tanto a implementação de técnicas de agricultura de precisão quanto a aplicação de fertilizantes, este estudo concentrou-se exclusivamente na redução da perda de área aproveitada por meio do sistema de direcionamento automático.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conclusão, este trabalho demonstrou a importância da adoção de direcionadores automáticos em tratores agrícolas como uma medida viável economicamente para reduzir as perdas de produção. Com os resultados obtidos são possíveis perceber que mesmo apesar do alto custo de adesão da tecnologia o retorno sobre o investimento é muito rápido, isso considerando apenas a perda de área cultivável por erros operacionais, se tivéssemos de considerar outros fatores como a sobreposição de pulverização, perda por pisoteamento e consumo de combustível, o resultado seria ainda mais expressivo.

Na busca pela confirmação dos dados apresentados neste estudo de caso, tornou-se necessário a realização de um experimento de campo, o qual será demonstrado com repetições sérias e uma minuciosa análise estatística. Esta abordagem rigorosa visa não apenas solidificar as conclusões obtidas, mas também contribuir para o preenchimento da lacuna de pesquisa existente, uma vez que este tema carece de estudos prévios substanciais na literatura acadêmica.

Durante o desenvolvimento deste trabalho, um dos principais desafios enfrentados foi a escassez de conteúdos relevantes na bibliografia disponível, o que conduziu a uma abordagem mais exploratória e uma análise crítica dos resultados obtidos, reforçando assim a importância deste estudo para o avanço do conhecimento na área.

É importante ressaltar que, embora nossos resultados estejam alinhados com a tendência geral de eficácia dos direcionadores automáticos, é fundamental reconhecer que existem variações nos resultados em relação a estudos anteriores, como o de Baio (2017). Essas variações podem ser atribuídas a diferentes metodologias e definições de eficiência e precisão, enfatizando a complexidade do tema e a necessidade de considerar uma variedade de fatores ao avaliar o desempenho dos direcionadores automáticos.

Contudo, os direcionadores automáticos representam uma ferramenta valiosa para os agricultores, permitindo um uso mais eficiente dos recursos e contribuindo para o aumento da produtividade, o que é essencial para enfrentar os desafios da agricultura moderna.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, Lucas. COLAÇO, André. MOLIN, José Paulo. **Agricultura de precisão**. ed. 1. São Paulo: Oficina de Textos, 2015

ARBAGE, A.P. **Economia rural: conceitos básicos e aplicações**. Chapecó: ABEU, 2000, 305p.

BAIO, Fabio H. R. **Análise financeira do investimento em agricultura de precisão técnicas na cultura do algodão**. Engenharia agrícola, Chapadão do Sul, v. 37, n. 4, p. 838-847, jul./ago. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/bpDQFLDrV7FwSYsGLsxKhtF/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 25 setembro de 2023.

BAIO, FÁBIO H. R. *et al.* **Avaliação da acurácia no direcionamento com piloto automático e contraste da capacidade de campo operacional no plantio mecanizado da cana-de-açúcar**. Engenharia agrícola, Chapadão do sul, v. 31, n.2, p. 365-367, mar./abr. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/cHJJtBvhDgnGB8374WZZx8D/>. Acesso em: 20 de setembro de 2023.

BERNARDI, Alberto. *et al.* **Agricultura de precisão resultado de um novo olhar**. ed. 1. Brasília: Cubo, p. 101, 2014.

CAMPOS, C.M.; MILAN, M.; SIQUEIRA, L.F.F. **Identificação e avaliação de variáveis críticas no processo de produção da cana-de-açúcar**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.28, n.3, 2008. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162008000300016&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162008000300016&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 19 Set. 2023

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **SOJA – Setembro/2022**, CONAB,2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/busca?searchword=SOJA%20%E2%80%93%20Setembro/2022&ordering=newest&searchphrase=all&limit=20> Acesso em: 05/10/2023.

DE MORAES, M. A. F. D.; MOLIN, J. P.; SILVA, C. B. **Adoption and use of precision agriculture technologies in the sugarcane industry of São Paulo state, Brazil.** Precision Agriculture, v. 12, n. 1, p. 67–81, fev. 2011.

Equipe Fieldview, **Aumento do custo dos fertilizantes: como a agricultura digital pode ajudar na economia de insumos?**, 23/06/2022, Disponível em <<https://blog.climatefieldview.com.br/aumento-custo-fertilizantes#:~:text=A1%C3%A9m%20da%20pandemia%20da%20Covid,manter%20ao%20longo%20de%202022.>> Acesso dia 06/03/2023.

Wikipedia: Publicação disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Leopoldo\\_de\\_Bulhões](https://pt.wikipedia.org/wiki/Leopoldo_de_Bulhões). Acesso em: 12/10/2023.

Gebbers, R.; Adamchuk, V. I. **Precision agriculture and food security.** Science, v. 327, n. 5967, p. 828-831, 2010

OLIVEIRA, D. F. **Implementação de um sistema de navegação INS/GPS, aplicado à agricultura de precisão.** Monografia (Engenharia de controle e automação) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. p. 11, 2012.

PIACENTINI, Liane. **SOFTWARE PARA ESTIMATIVA DO CUSTO OPERACIONAL DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS – MAQCONTROL.** Conselho editorial, Jaboticabal, v. 32, n.3, p.609-623 maio/jun. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/pK9nnv98KNWyRLZnt8yTjCr/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 25/09/2023.

RAUPP, L. P. **Piloto automático para veículos agrícolas .** Monografia (Engenharia de controle e automação) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 61, 2012.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F.A.; AMARAL, D.C.; TOLEDO, J.C.; SILVA, S.L.; ALLIPRANDINI, D.H.; SCALICE, R.K. **Gestão de Desenvolvimento de produtos: Uma referência para a melhoria do processo.** 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

MOLIN, José Paulo, **Agricultura de precisão números do mercado brasileiro,** USP, 3, 1-7, 04/2017

SILVA, F. **Avaliações para estudo de viabilidade de implantação de tecnologias de auto-direcionamento em operações mecanizadas em uma usina de cana-de-açúcar.** Dissertação (Graduação em Engenharia Agrônômica) – ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, p. 34. 2010.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões Financeiras e Análises de Investimentos: Conceitos, técnicas e aplicações.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 186p.

SWINTON, S. M.; LOWENBERG-DEBOER, J. **Evaluating the profitability of side-specific farming,** Journal of Production Agriculture, Madison, v. 11, n.4. p. 439-446, 1998.