



**ÁLVARO JOSÉ DE SOUZA RESENDE
LUIZ FELIPE SOUZA**

**COMPARAÇÃO ENTRE OPERADORES EM FUNÇÃO DO
DESEMPENHO OPERACIONAL COM AUXÍLIO DE
PLATAFORMAS DE TELEMETRIA**

**LAVRAS-MG
2022**

**ÁLVARO JOSÉ DE SOUZA RESENDE
LUIZ FELIPE SOUZA**

**COMPARAÇÃO ENTRE OPERADORES EM FUNÇÃO DO DESEMPENHO
OPERACIONAL COM AUXÍLIO DE PLATAFORMAS DE TELEMETRIA**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Agrícola, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Rafael de Oliveira Faria
Orientador

**LAVRAS-MG
2022**

**ÁLVARO JOSÉ DE SOUZA RESENDE
LUIZ FELIPE SOUZA**

**COMPARAÇÃO ENTRE OPERADORES EM FUNÇÃO DO DESEMPENHO
OPERACIONAL COM AUXÍLIO DE PLATAFORMAS DE TELEMETRIA**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Agrícola, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADO em 13 de julho de 2022.

Prof. Dr. Rafael de Oliveira Faria UFLA
Prof. Dr. Aldir Carpes Marques Filho UFLA
Prof. Dr. Ednilton Tavares de Andrade UFLA
Msc. Márcia Eduarda Amâncio UFLA

Prof. Dr. Rafael de Oliveira Faria
Orientador

**LAVRAS-MG
2022**

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todo o corpo de funcionários e servidores do setor de Máquinas e Mecanização Agrícola da UFLA, em especial, aos professores Rafael e Aldir, por todo apoio e direcionamento durante a realização do trabalho. Ao Grupo Schmidt Agrícola, pela disponibilidade de local e material para a condução das operações, em especial ao coordenador Douglas Venâncio pela disponibilização dos dados. Ao Grupo de Estudos em Máquinas e Mecanização Agrícola (GEMMA), pela disponibilidade de recursos, ensinamentos, cursos, treinamentos e companheirismo durante o percurso acadêmico. Por fim, aos familiares e amigos, agradecemos pelo carinho e apoio incondicional.

RESUMO

Em razão da importante função que a modernização do maquinário agrícola tem no Brasil, a exigência de maior efetividade e soluções eficientes na indústria tem recebido considerável atenção atualmente. Com isso, o objetivo principal deste trabalho foi avaliar o desempenho operacional de um trator agrícola modelo John Deere 9620R (TR51), operado por dois operadores: A e B, devidamente treinados para manusear o veículo, ainda que a máquina trabalhe sua maior parte em modo automático. Os dados foram obtidos através da plataforma de telemetria SOLINFTEC SGPA, em que os resultados variaram de acordo com os filtros solicitados pelo usuário e o pré-processamento dos dados no *back and* da plataforma. Para a avaliação feita neste trabalho, foram utilizadas as equações da capacidade de campo teórica (CcT), capacidade de campo efetiva (CcE), capacidade de campo operacional (CcO), rendimento de campo teórico (RcT), rendimento de campo efetivo (RcE) e a eficiência de trajeto (ET%), além da linguagem de programação Python para uma análise rápida e precisa dos dados, sendo que, após a coleta e análise, foram gerados gráficos para a melhor visualização dos resultados obtidos. O trabalho foi conduzido em uma operação de plantio de soja no oeste da Bahia.

Palavras-chave: Trator. Telemetria. Operadores.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Imagem de satélite retirada da Plataforma Solinftec-SGPA	13
Figura 2 – Trator TR51.....	14
Figura 3 – Tratores durante a operação de plantio.	14
Figura 4 – Semeadora DB.	15
Figura 5 – Área trabalhada pelo TR51 nos talhões RA2, RA3 e RA4.....	16
Figura 6 – Trabalho do operador A na quina do talhão.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Configuração de lastragem e distribuição de peso nos tratores.....	14
Tabela 2 – Resultados obtidos de CcT, CcE e CcO para cada operador.....	22
Tabela 3 - Paradas durante a operação e o tempo gasto em cada uma delas.....	25
Tabela 4 – Precipitações ocorridas	26

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Parâmetros gerais da operação.	19
Gráfico 2a – CcT, CcE e CcO para operador A	20
Gráfico 2b – CcT, CcE e CcO para operador B	20
Gráfico 3a – CcT, CcE e CcO para operador A	21
Gráfico 3b – CcT, CcE e CcO para operador B	22
Gráfico 4 – Resultados para RcT e RcE	23
Gráfico 5 – Valores de eficiência de trajeto	27

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1 Desempenho operacional de máquinas agrícolas	9
2.2 Operadores e máquinas	10
2.3 Telemetria.....	11
2.4 Plataforma Solinftec SGPA	11
2.5 Aplicação de Python para análise de dados	12
3 MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1 Localização e caracterização do local	13
3.2 Caracterização do conjunto mecanizado.....	13
3.3 Aquisição e análise dos dados	16
3.4.1 Equações.....	16
3.4.1.1 Capacidade de campo teórica (CcT)	16
3.4.1.2 Capacidade de campo efetiva (CcE)	17
3.4.1.3 Capacidade de campo operacional (CcO)	17
3.4.1.4 Rendimento de campo teórico (RcT)	17
Rendimento de campo efetivo (RcE).....	18
3.4.1.5 Eficiência do trajeto (ET%).....	18
3.4.2 Uso do python na análise dos dados.....	18
4.1 Parâmetros gerais da operação	19
4.1.2 Capacidade de campo.....	20
4.1.3 Rendimento de campo	23
4.1.4 Eficiência de trajeto.....	27
5 CONCLUSÃO.....	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos 50, o Brasil passou por uma forte transformação objetivando acelerar o desenvolvimento industrial. Nesse contexto, a instalação de fabricantes de maquinário agrícola se fortaleceu nacionalmente. No ano de 1959 foi instituído o Plano Nacional da Indústria de Tratores de Rodas, fazendo com que alguns problemas como a falta de peças e assistência técnica, decorrentes da importação de máquinas agrícolas, fossem reduzidos. A modernização do maquinário agrícola se deu principalmente ao longo dos anos 70, seguindo um processo de expansão das técnicas aplicadas à mecanização agrícola (AMATO NETO, 1985).

Com o aumento das áreas de produção e janelas de tempo para a realização das operações cada vez menores, a eficiência dos conjuntos mecanizados passou a ganhar mais atenção por parte dos produtores, além do fato de que a exigência por operações otimizadas e mais precisas fez com que novas ferramentas e abordagens surgissem para torná-las menos onerosas e mais sustentáveis (AMATO NETO, 1985).

Tendo em vista um potencial de produção cada vez mais elevado e a necessidade de oferecer soluções eficientes para os produtores, o mercado de máquinas agrícolas no Brasil atualmente conta com uma gama extensa de equipamentos voltados cada vez mais para as práticas de agricultura de precisão, além de uma grande tecnologia embarcada. Dentre as várias tecnologias utilizadas, destaca-se a telemetria, que pode ser entendida como a comunicação entre as máquinas e suas unidades de gestão. Devido ao aumento das áreas de produção e conseqüentemente do maquinário utilizado, essa ferramenta se faz de grande valia para o compartilhamento de informações em tempo real e para tomada de decisão com maior precisão e em curto prazo (MOLIN; AMARAL; COLAÇO, 2015). Sendo assim, o objetivo principal deste trabalho foi avaliar o desempenho operacional de um trator agrícola modelo John Deere 9620R (TR51), operado por dois operadores: A e B, devidamente treinados para manusear o veículo, ainda que a máquina trabalhe sua maior parte em modo automático.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Desempenho operacional de máquinas agrícolas

Para o uso adequado da maquinaria agrícola é necessário um estudo das operações e suas peculiaridades, buscando maior produtividade e rendimento. Para tanto, a coleta e análise de informações obtidas durante as operações nos possibilitam encontrar parâmetros para a avaliação qualitativa e quantitativa das máquinas em suas operações.

A capacidade operacional das máquinas agrícolas representa a quantidade de trabalho que estas são capazes de realizar em um determinado intervalo de tempo. Sendo assim, havendo várias maneiras de se analisar o trabalho da máquina e tendo em vista que o tempo a ser analisado pode ter diferentes abordagens, algumas das principais medidas utilizadas são a Capacidade de campo operacional (CcO), Capacidade de campo teórica (CcT), Capacidade de campo efetiva (CcE), rendimento de campo teórico (RcT), rendimento de campo efetivo (RcE) e a eficiência de percurso (EP%) (MIALHE, 1974).

Em seu estudo, Perin (2008) avaliou a capacidade e o rendimento operacional de duas operações agrícolas com o auxílio de GPS e softwares de análise de dados. Como resultado, o autor concluiu que o trajeto escolhido pelo operador durante a operação interfere diretamente na eficiência operacional. Já Silveira (2006) enfatiza a importância da instrumentação das máquinas agrícolas para que a avaliação de parâmetros de desempenho e eficiência sejam mais bem avaliados e interpretados, possibilitando um gerenciamento efetivo das máquinas e suas operações.

2.2 Operadores e máquinas

O operador é um técnico capaz de conduzir a máquina agrícola durante uma operação, respeitando as normas de segurança, higiene e saúde no trabalho. Além disso, cabe ao operador garantir o bom funcionamento do equipamento, atentando-se às boas práticas de uso e assegurando a manutenção preventiva do maquinário (MEYER *et al*, 2015).

O avanço tecnológico no setor agrícola impôs novos desafios para toda a cadeia produtiva; assim, os operadores das máquinas devem estar cada vez mais capacitados e atualizados quanto ao nível tecnológico do maquinário, sendo que, através de treinamentos e capacitações, é possível adequar profissionais às máquinas e, assim, garantir operações eficientes, aproveitando o que há de melhor no conjunto mecanizado (SENAR, 2017). Tendo em vista esse cenário, Meyer *et al* (2015) avaliou, em seu estudo, operadores e técnicos de manutenção de máquinas agrícolas em usinas do setor canavieiro, chegando a conclusão de que há a necessidade de investimento do setor em educação para aprimorar e atualizar as habilidades

dos operadores e técnicos para garantir uma boa execução das operações agrícolas e da manutenção do maquinário.

2.3 Telemetria

As ferramentas e práticas da agricultura de precisão podem ser utilizadas para diversas finalidades. Embora no cenário brasileiro essas práticas sejam fortemente direcionadas a questões da manutenção da fertilidade dos solos, as máquinas agrícolas disponíveis no mercado atualmente oferecem soluções em tecnologia embarcada para o uso adequado dos recursos e minimizar o impacto ambiental, buscando a melhoria contínua dos processos de produção agrícola (MOLIN; AMARAL; COLAÇO, 2015).

A telemetria pode ser entendida como a comunicação entre as máquinas e suas unidades de gestão. Devido ao aumento das áreas de produção, e conseqüentemente do maquinário, essa ferramenta se faz de grande valia para o compartilhamento de informações em tempo real e para tomadas de decisão cada vez mais rápidas e precisas. Nesse sentido, a coleta de dados nas máquinas é feita por intermédio de componentes eletrônicos (sensores) embarcados, que trabalham em conjunto com a central eletrônica da máquina (ECU) e transfere esses dados via “wireless” para o local onde os dados são armazenados e avaliados. Um exemplo de aplicação dessa técnica são os planos de manutenção em máquinas, em que os dados são coletados por sensores e transmitidos simultaneamente para centrais de controle que analisam e detectam com antecedência falhas que podem comprometer a operação (MOLIN; AMARAL; COLAÇO, 2015).

Em um estudo feito por Sichonany (2011), com o objetivo de modelar, implementar e testar um sistema de telemetria, concluiu-se que um sistema de telemetria associado a um plano de gestão pode contribuir positivamente para a eficiência da operação, evitando erros de operação e verificando se características como patinagem, velocidade de operação e consumo estão dentro dos padrões aceitáveis.

2.4 Plataforma Solinftec SGPA

Solinftec é uma empresa brasileira, fundada em 2007 por um grupo de engenheiros de automação de Cuba. Até o presente momento ela é responsável por administrar em tempo real mais de 9 milhões de hectares de terras produtivas no Brasil, operando em mais de 11 países (SOLINFTEC, 2022).

A plataforma (Solinftec - SGPA) para grãos e fibras possibilita a integração entre os dados de planta, clima e operação coletados por sensores presentes no campo e no maquinário

agrícola. A plataforma é adaptável quanto à conectividade utilizada pelo cliente, sendo possível a utilização via 4G ou “Wifi” e propõe como principal solução a coleta de dados de todos os elos da cadeia produtiva de forma 100% digital e automática (SOLINFTEC, 2022).

A plataforma Solinftec, permite criar filtros dentro das operações, que facilitam a análise e seleção dos dados. Além disso, fornece mapas temáticos a respeito dos diversos parâmetros da operação podendo alimentar sistemas de inteligência artificial no reconhecimento de padrões em lavou rás e também equipamentos.

2.5 Aplicação de Python para análise de dados

Os dados no mundo atual têm se provado cada vez mais relevantes para os negócios, sendo de suma importância que sejam coletados com precisão, protegidos e utilizados com sabedoria, pois, se utilizados de forma adequada, esses dados podem trazer diversos benefícios para as instituições e empresas dos setores público e privado.

O Python é desenvolvido sob uma licença de código aberto aprovada pela OSI, tornando-o livremente utilizável e distribuível, mesmo para uso comercial. A licença do Python é administrada pela Python Software Foundation (Python.org).

Nos últimos dez anos, Python passou de uma linguagem de computação científica inovadora, ou para ser usada “por sua própria conta e risco”, para uma das linguagens mais importantes em ciência de dados (WES MCKINNEY, 2018).

Data Science, ou Ciência de Dados, pode ser definido como a disciplina que fornece princípios, metodologias e orientações para transformação, validação, análise e criação de significado a partir de dados (FILATRO, 2021).

Pandas é uma das principais bibliotecas utilizadas para análises de dados. Além disso, é uma biblioteca do Python, de código aberto, criada para análise e manipulação de dados, permitindo a importação de diversos formatos de arquivo, como excel e csv. Também é possível realizar diferentes operações de álgebra relacional, como concatenação, projeções e junções, além de funções de limpeza de dados, como preenchimento, substituição ou inserção de dados nulos ou faltantes.

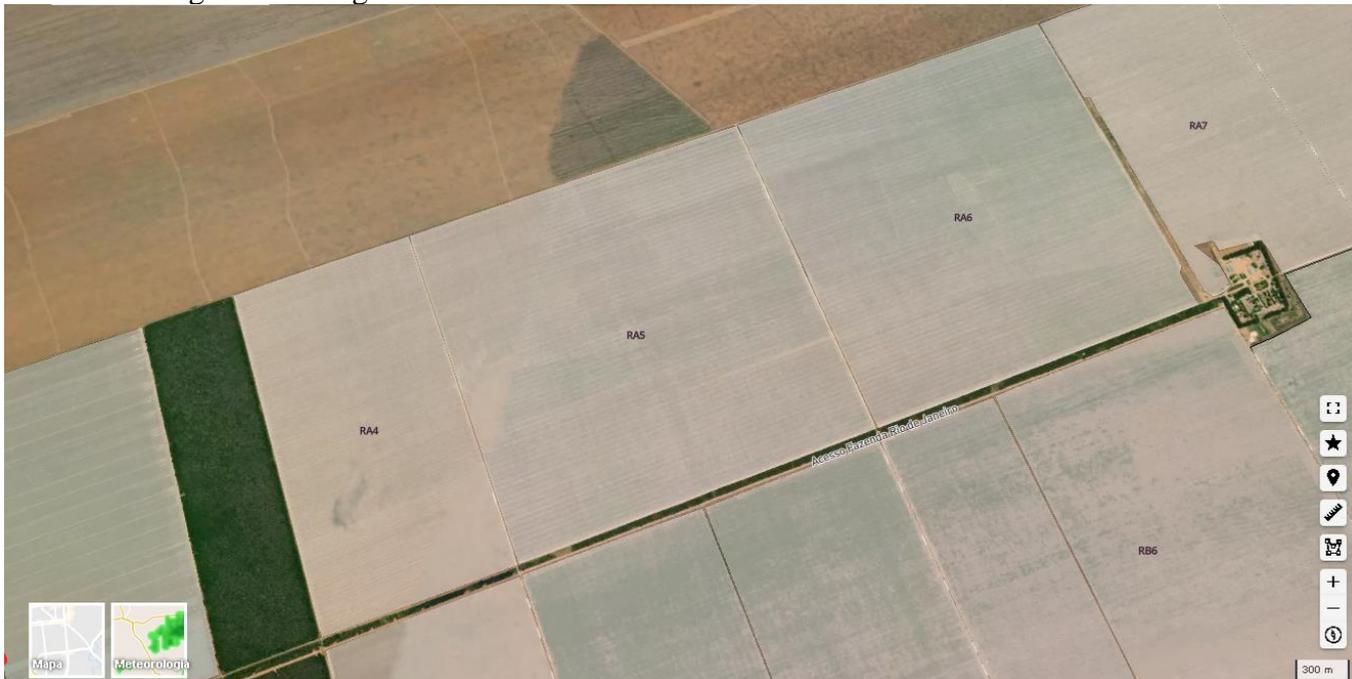
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização do local

A operação mecanizada de plantio de soja foi realizada em uma das propriedades rurais arrendadas do grupo Schmidt Agrícola, que possui uma sede principal na fazenda Orquídeas, localizada na região de Luís Eduardo Magalhães no oeste da Bahia (latitude: -11.842659143538, longitude: -46.2438382053065).

Os talhões selecionados para a análise da operação foram o RA4 (latitude: -11.910416140031003, longitude: -46.05902273060417), RA5 (latitude: -11.90312056306, longitude: -46.047873586493864) e RA6 (latitude: -11.893059928216758, longitude: -46.031861376058174), resultando em 997 hectares com a soma das áreas dos três talhões. Estas áreas estão localizadas na fazenda Rio de Janeiro e ficam a aproximadamente 20 km de distância da sede principal. Para melhor eficiência, as passadas foram realizadas no sentido de maior comprimento e atravessando os três talhões, além disso, não foram feitos arremates nas bordaduras dos talhões, já que as manobras foram feitas nos carregadores da área.

Figura 1 – Imagem de satélite retirada da Plataforma Solinftec-SGPA.



Fonte: Plataforma Solinftec-SGPA (2022).

3.2 Caracterização do conjunto mecanizado

Para este trabalho foi utilizado um trator agrícola modelo John Deere 9620R (TR51), com tração 4x4, dotado de 620 cv de potência, chassi articulado e contabilizando 1455 horas

de operação do motor. Foram utilizados rodados duplos nos eixos traseiro e dianteiro e o modelo dos pneus utilizado foi o 800/70 R38 radial. A distribuição de peso e a configuração de lastragem estão descritos na Tabela 01.

Figura 2 – Trator TR51.



Fonte: Do autor (2022).

Figura 3 – Tratores durante a operação de plantio.



Fonte: Do autor (2022).

Tabela 1 – Configuração de lastragem e distribuição de peso nos tratores

Pressão dos pneus (psi)	16
Modelo do pneu	800/70 R38
Peso do eixo dianteiro sem lastro (Kg)	11672
Peso do eixo traseiro sem lastro (kg)	9770
Relação peso/potência sem lastro (kg/kW)	47
Peso sólido adicionado ao eixo dianteiro (kg)	0
Peso líquido adicionado ao eixo dianteiro (kg)	0
Peso sólido adicionado ao eixo traseiro (kg)	0
Peso líquido adicionado ao eixo traseiro (kg)	0

Relação peso/potência com lastro (kg/kW)	47
Peso total do trator (kg)	21442
Peso total no eixo dianteiro (kg)	11672
Peso total no eixo traseiro (kg)	9770

Os parâmetros de equilíbrio operacional do trator estão de acordo com as recomendações indicadas no manual do fabricante, isto é, com a relação de peso e potência, pressão nos pneus e distribuição de peso conforme o manual mostrado abaixo.

	Lastro leve	Lastro médio	Lastro pesado
Velocidade de Deslocamento	Acima de 8,9 km/h (5,5 mph)	7,4 — 8,6 km/h (4,6 — 5,5 mph)	7,2 km/h (4,5 mph) ou menos
kg/kW (lb./hp)	60 (97) ou menos	62—65 (101—106)	68—71 (111—116)**

***O lastro máximo é de 71 kg/kW (116 lb./hp).*

A semeadora utilizada é de arrasto, equipada com 45 linhas de plantio espaçadas de 0,5 metros. Além disso, é equipada com caixa única de semente, com sistema dosador pneumático e não conta com sistema para deposição de adubo. O sistema de abertura de sulco utilizado para a semente foi o de disco duplo.

Figura 4 – Semeadora DB.



Fonte: Do autor (2022).

3.3 Aquisição e análise dos dados

Para a aquisição dos dados, foi utilizada a plataforma de telemetria SOLINFTEC SGPA. Sendo assim, foram coletados os dados de trabalho do trator TR51 dentro dos talhões RA2, RA3, RA4 durante os dias 02, 03 e 04 de novembro de 2021. A disponibilidade dos dados na plataforma SOLINFTEC SGPA varia de acordo com os filtros solicitados pelo usuário e o pré-processamento dos dados no *back and* da plataforma.

Figura 5 – Área trabalhada pelo TR51 nos talhões RA2, RA3 e RA4.



Fonte: Solinftec SGPA (2022).

3.4.1 Equações

Para a avaliação feita neste trabalho, foram utilizadas as equações propostas por Mialhe (1974), que estão descritas a partir dos itens abaixo.

3.4.1.1 Capacidade de campo teórica (CcT)

A capacidade de campo teórica (CcT) foi obtida multiplicando-se a largura de trabalho (L) do equipamento pela velocidade de deslocamento do conjunto mecanizado (V). Assim, representa uma estimativa teórica do desempenho da máquina, uma vez que desconsidera muitos fatores que podem acontecer no campo e interferem na realização da operação.

$$CcT = \frac{L \cdot v}{10}$$

CcT = Capacidade de campo teórica ($ha \cdot h^{-1}$)

L = Largura de trabalho (m)

v = Velocidade de trabalho ($Km \cdot h^{-1}$)

3.4.1.2 Capacidade de campo efetiva (CcE)

A capacidade de campo efetiva (CcE) foi obtida pela razão entre a área trabalhada pela máquina (A) e o tempo em que a máquina efetivamente realizou a operação (TPr). Essa medida representa a capacidade efetivamente apresentada pela máquina no campo durante um período.

$$CcE = A (ha) / TPr(h)$$

3.4.1.3 Capacidade de campo operacional (CcO)

A capacidade de campo operacional (CcO) foi obtida pela razão entre a área trabalhada e o tempo de máquina. O tempo de máquina é obtido pela soma do tempo de preparação (TPe), tempo de interrupção (TI) e o tempo de produção (TPr).

$$CcO = A(ha) / (TPe + TI + TPr)$$

O tempo de preparação (TPe) diz respeito ao tempo necessário para que a máquina seja preparada para a operação e para deixá-la em condições de armazenamento após a operação, já o tempo de interrupção (TI) é o tempo consumido por interrupções causadas pelo trabalho da máquina na operação. Por fim, o tempo de produção (TPr) é definido como o tempo em que a máquina esteve exclusivamente em operação, desconsiderando, por exemplo, paradas e manobras de cabeceira.

3.4.1.4 Rendimento de campo teórico (RcT)

O rendimento de campo teórico representa uma estimativa de perdas de área trabalhada ou de produção da máquina oriundas do não aproveitamento da largura de trabalho total do implemento. Dessa forma, o valor foi obtido através da relação entre a CcE e a CcT .

$$RcT = (CcE / CcT) \cdot 100$$

Rendimento de campo efetivo (RcE)

O rendimento de campo efetivo representa as perdas de área trabalhada ou de produção da máquina, advindas dos tempos consumidos durante a preparação da máquina e durante as paradas realizadas na operação. Sendo assim, o valor foi obtido através da relação entre a CcO e a CcE.

$$RcE = (CcO/CcE) \times 100$$

3.4.1.5 Eficiência do trajeto (ET%)

Para a obtenção da eficiência de trajeto, adotou-se o modelo de cálculo proposto por Perin (2008). A escolha se deu devido ao fato de que a equação para o cálculo de eficiência de percurso proposta por Mialhe (1974) tem uma aplicação dificultada em talhões com geometrias irregulares. Dessa forma, a equação proposta por Perin (2008) considera a distância total percorrida no talhão, oferecendo assim, maior precisão.

$$ET\% = At / D \cdot L$$

Onde:

At = Área do talhão (m²).

D = Distância total percorrida pela máquina (m).

L = Largura de trabalho (m).

3.4.2 Uso do python na análise dos dados

Como a plataforma de telemetria oferece um volume muito grande de dados, é preciso lançar mão de ferramentas que possibilitem uma análise rápida e precisa dos mesmos. Nesse contexto, foi utilizada a linguagem de programação Python, que possui bibliotecas específicas e eficientes para análises de dados. Optou-se pela utilização do *Visual Studio Code* como editor de código-fonte para o desenvolvimento do script, da biblioteca *Pandas* para o pré-processamento dos dados e *Matplotlib* para a criação de gráficos e visualização dos dados.

Com a biblioteca *pandas*, foi possível realizar filtros no banco de dados com base nas colunas de estado operacional da máquina, (trabalhando, parada, deslocamento, manobra e deslocamento para reabastecimento) com a finalidade de entender melhor a disposição dos dados entregues pela plataforma e distinguir os dados de quando a máquina estava em operação ou não.

Para os estados operacionais (trabalhando, manobra e deslocamentos), observou-se que os sensores identificam os estados operacionais automaticamente, ou seja, não há necessidade de um operador informar no computador de bordo, dentro da cabine do trator, o estado operacional da máquina, ao contrário do que é feito para o estado operacional de parada.

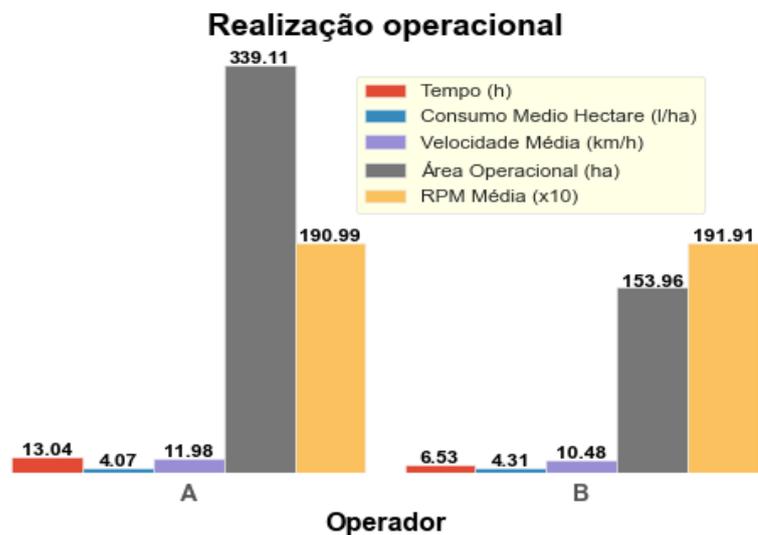
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a coleta e análise dos dados, foram gerados gráficos para a melhor visualização dos resultados obtidos.

4.1 Parâmetros gerais da operação

No Gráfico 1 foram apresentados os parâmetros gerais da operação, como velocidade média de trabalho, rotação média no motor, consumo de combustível por hectare e tempo gasto.

Gráfico 1 – Parâmetros gerais da operação



A partir da análise dos resultados mostrados no Gráfico 1, é possível notar que alguns parâmetros como consumo médio, velocidade média e rotação no motor média foram muito parecidos para os dois operadores, no entanto, os resultados apresentados pelo operador A superam os do operador B.

4.1.2 Capacidade de campo

Nos Gráficos 2a e 2b e 3a e 3b, são apresentados os resultados para a capacidade de campo teórica (CcT), capacidade de campo efetiva (CcE) e capacidade de campo operacional (CcO) para os operadores A e B, respectivamente. Para o cálculo da capacidade de campo operacional (CcO), somente um resultado foi obtido, haja vista que, para o cálculo do tempo de máquina, toda a preparação do conjunto é considerada e esse procedimento foi realizado na sede da fazenda uma única vez.

Gráfico 2a – CcT, CcE e CcO para operador A

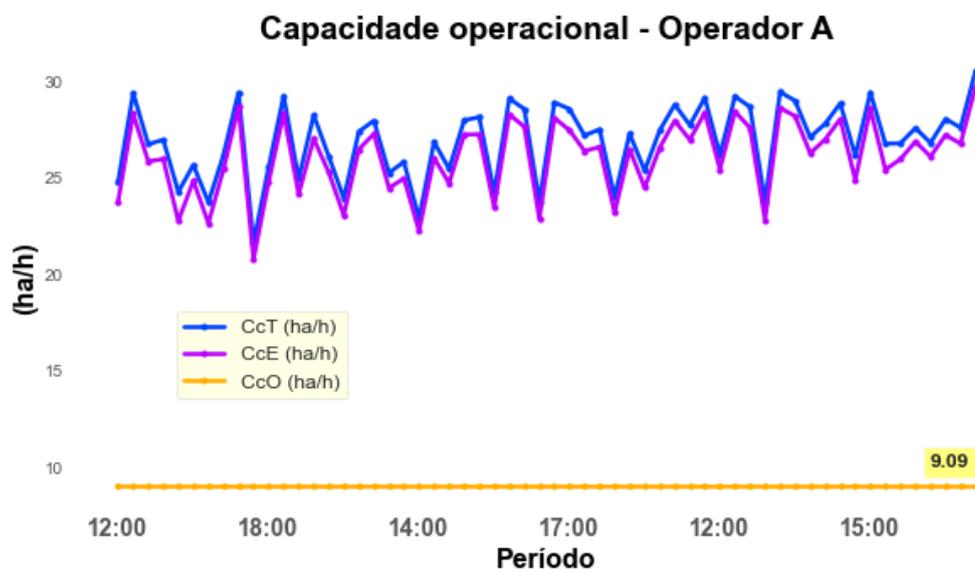
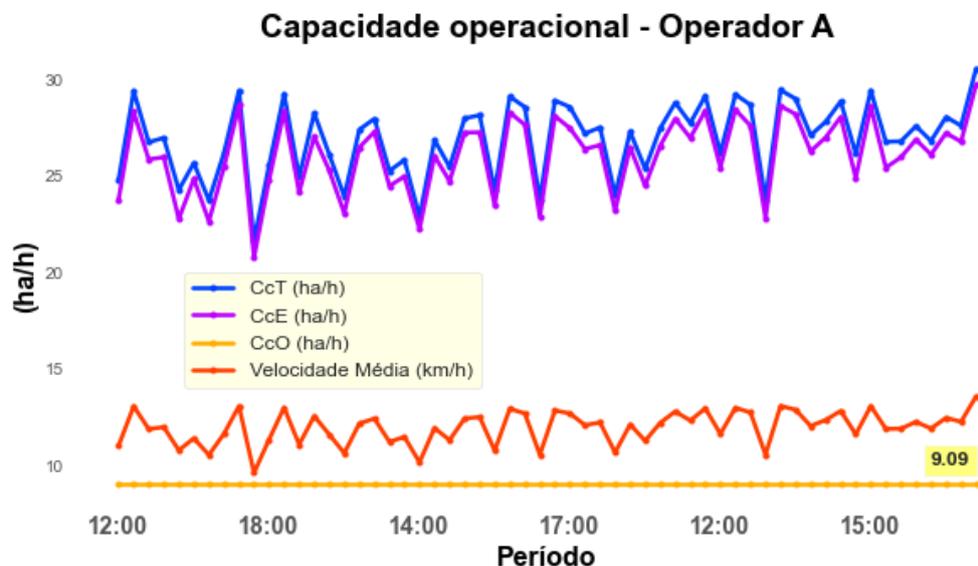


Gráfico 2b – CcT, CcE e CcO para operador A



Os picos de valores podem ser explicados devido às variações de velocidade de deslocamento dentro do intervalo de coleta dos dados. Isso se deve ao fato de que a fórmula utilizada para o cálculo da CcT e da CcE é direta e indiretamente afetada pela variação da velocidade de deslocamento, ao passo que na CcE, com a redução da velocidade, ocorre por consequência a redução da área trabalhada. Além desses fatores, há a possibilidade de acontecer um mal arranjo dos dados ao serem agrupados em intervalos, fazendo com que intervalos em que ocorreram muitas paradas e pouca produtividade reduza os valores de CcT e CcE.

Os resultados obtidos para o operador A evidenciam uma maior variação da velocidade durante a operação. Como consequência dessa variação, os valores de CcT e CcE oscilam. A variação de velocidade pode ter relação direta com o operador, já que nem sempre os operadores optam por utilizar sistema de condução automática field cruise. Sendo assim, ao optar pelo sistema field cruise, os operadores permitem que o próprio trator ajuste a rotação do motor e demais parâmetros para garantir que o equipamento opere na faixa de velocidade indicada pelo operador.

Gráfico 3a – CcT, CcE e CcO para operador B

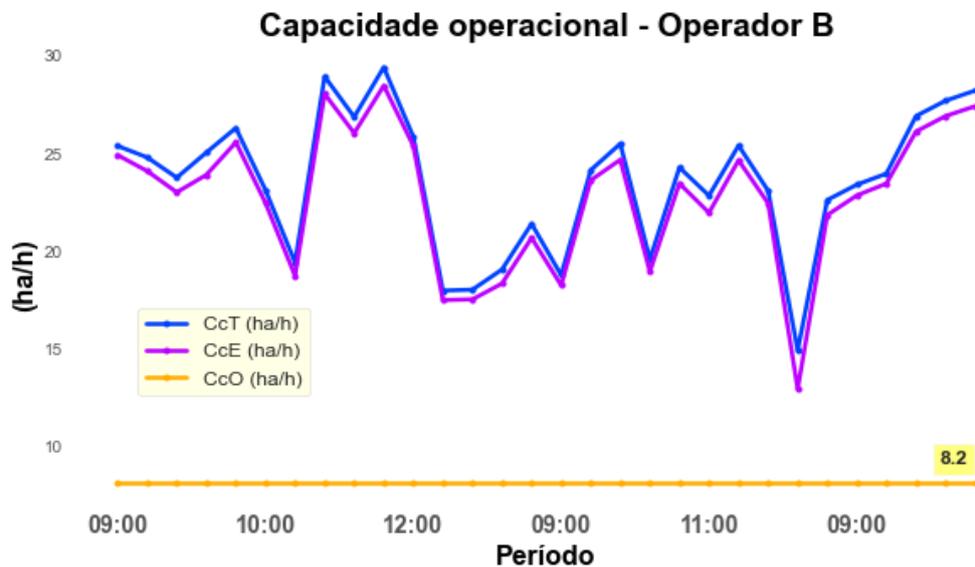
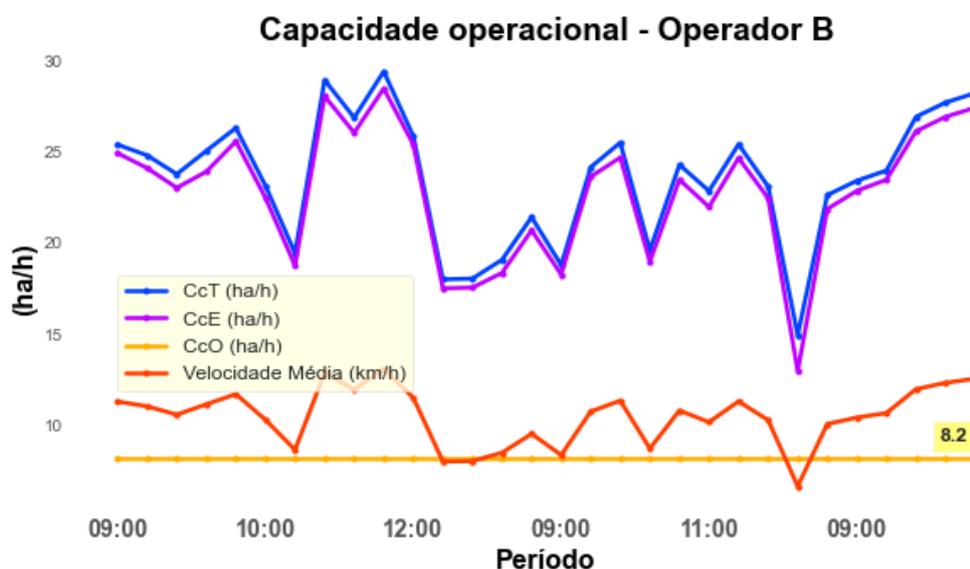


Gráfico 3b – CcT, CcE e CcO para operador B



Já os valores de CcT e CcE obtidos para o operador B mostraram-se inferiores aos resultados do operador A, indicando um desempenho inferior durante a operação. Além disso, como na maior parte da operação a velocidade de trabalho do operador B foi inferior à do operador A, os resultados menores de CcT e CcE para o operador B são justificáveis. Além do fato de que, ao observar os valores de CcO, o desempenho do operador A se mostra também superior, indicando uma produção de 0,89 hectare a mais em uma hora trabalhada.

A Tabela 2 resume os resultados obtidos de CcT, CcE e CcO para cada operador, sendo possível observar que o operador A foi em média superior em todos os campos, no entanto, é preciso salientar que o operador B operou em uma área menor do talhão, o que pode ter afetado seus valores de CcT, CcE e CcO. Outro ponto importante é a questão da presença de ruídos no sistema. Esses ruídos podem afetar a comunicação da CAN do trator, fazendo com que dados com valores alterados sejam lançados na plataforma. Afim de amenizar a influência de dados com valores alterados por ruídos, alguns dados com valores nulos foram retirados da amostra.

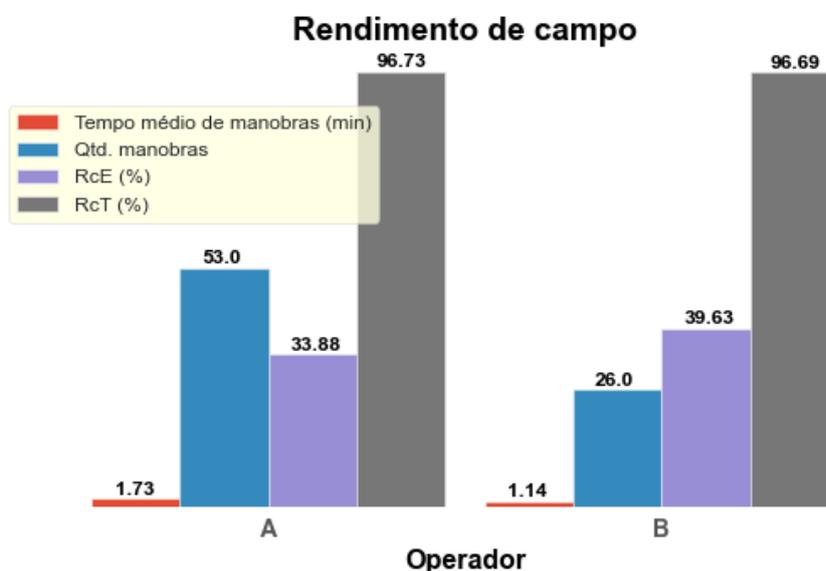
Tabela 2: Resultados obtidos de CcT, CcE e CcO para cada operador.

Operador	CcT (ha/h) média	CcE (ha/h) média	CcO (ha/h) média
A	26,96	26,09	9,09
B	23,58	22,83	8,20

4.1.3 Rendimento de campo

Abaixo é apresentado o Gráfico 4, em que são demonstrados os resultados para rendimento de campo teórico (RcT) e efetivo (RcE) para ambos os operadores. Ao analisar o rendimento do operador B, é possível notar que, de maneira generalista, os resultados são melhores se comparados aos resultados do operador A, embora estejam muito próximos. A Tabela 3 mostra detalhadamente as paradas durante a operação e o tempo gasto em cada uma delas.

Gráfico 4: Resultados para RcT e RcE



Pela análise do Gráfico 4 é possível notar que o operador B realiza manobras mais eficientes, demandando menor intervalo de tempo. No entanto, como a área trabalhada pelo operador B é menor que a do operador A, o número de manobras realizadas por este foi menor. O valor de RcE de 33,88% para o operador A e 39,63% para o operador B demonstram que os tempos mortos somaram 66,12% e 60,37% respectivamente, ou seja, somente em 33,88 % e 39,63% do tempo total da operação o trator estava desempenhando sua atividade.

Ainda nesse sentido, os valores de RcE para ambos os operadores estão fora dos valores recomendados pela ASAE, que tem como valor mínimo um RcE de 45%. No entanto, os valores de referência usados pela ASAE têm como faixa de velocidade para plantio direto valores entre 3 e 7 km/h. Portanto, como o conjunto mecanizado utilizado para o trabalho possui uma largura de trabalho alta e opera com velocidades de em média 10,5 e 11,7 km/h, os valores de RcE da ASAE não são apropriados. Outro ponto importante a ser observado é que, como o conjunto

possui uma CcE alta, os valores para o RcE tendem a ter uma sensibilidade maior à má gestão de tempo durante a rotina da operação.

Já os valores de RcT mostraram que houve poucas perdas por não aproveitamento das dimensões do equipamento. Isso pode ter relação direta com o uso de piloto automático e com o fato de não se fazer as bordaduras nas áreas estudadas. Esses fatores reduzem significativamente a sobreposição de passadas, reduzindo, assim, perdas que afetam os valores de RcT.

Na tabela abaixo pode-se observar as paradas e o tempo gasto em cada uma delas, sendo possível visualizar que o operador A gastou mais tempo em paradas quando comparado ao operador B.

Tabela 3: Paradas durante a operação e o tempo gasto em cada uma delas.

Operação/ Motivo de parada	Tempo (h) a	N° de ocorrências a	Tempo (h) b	N° de ocorrências b
Abastecimento de combustível	0,66	2	0,72	1
Abastecimento de insumos	1,37	3	0,78	2
Banheiro	0,07	1	6,11	7
Condições climáticas	12,54	15	0,13	5
Deslocamento	0,77	10	0,02	1
Final de expediente	0,01	2	0,61	1
Limpeza de discos/botinhas	5,88	36	0,02	1
Manobra	1,53	53	1,14	10
Manutenção inicial/check list	0,04	1	0,49	26
Manutenção mecânica	1,16	4	1,38	4
Plantio de soja	13,16	61	6,57	31
Sem apontamento	0,12	5	0,79	7
Total	37,31	193	18,76	96

Como dito anteriormente, dentro dos motivos apontados para que o operador A tenha tido maior tempo gasto em parados, chamam a atenção as paradas para manutenção de limpeza de discos e botinhas e paradas devido às condições climáticas. Tendo em vista as condições climáticas apresentadas na Tabela 4, logo abaixo, as precipitações ocorridas nos três dias,

associadas às maiores velocidades do operador A, podem ter afetado o desempenho da operação causando um número maior de embuchamentos e acarretando paradas para a limpeza dos discos. Além disso, nota-se que, de acordo com os apontamentos, a maior parte dos deslocamentos foi feito pelo operador A, aumentando assim seu tempo de máquina e consequentemente reduzindo o valor de RcE.

Outra possível explicação para o número elevado no tempo de parada para condições climáticas se dá pelo fato de que o computador de bordo apontou pela primeira vez para condições climáticas às 23:31 horas do dia 03/11/2021, permanecendo até as 06:27 horas do dia 04/11/2021, com um total de 19 apontamentos em um único ponto. Justificando o possível esquecimento de finalização do expediente no computador de bordo, o que fez com que o mesmo permanecesse durante toda a noite com o apontamento que foi realizado quando o trator parou pela primeira vez, elevando dessa forma o número de apontamento para condições climáticas do operador A.

O operador B apresentou um maior tempo gasto com o apontamento “banheiro”. Uma explicação para o número elevado da referida justificativa pode ser o apontamento incorreto do motivo da parada. Esse fato ocorre muitas vezes por falta de treinamento ou desconhecimento do operador com relação à importância dos dados de paradas.

As plataformas de telemetria apresentam, ainda, algumas deficiências relacionadas ao arranjo dos dados, à presença de dados nulos e com relação ao preparo dos operadores para usar as plataformas e fornecer corretamente dados de interrupções.

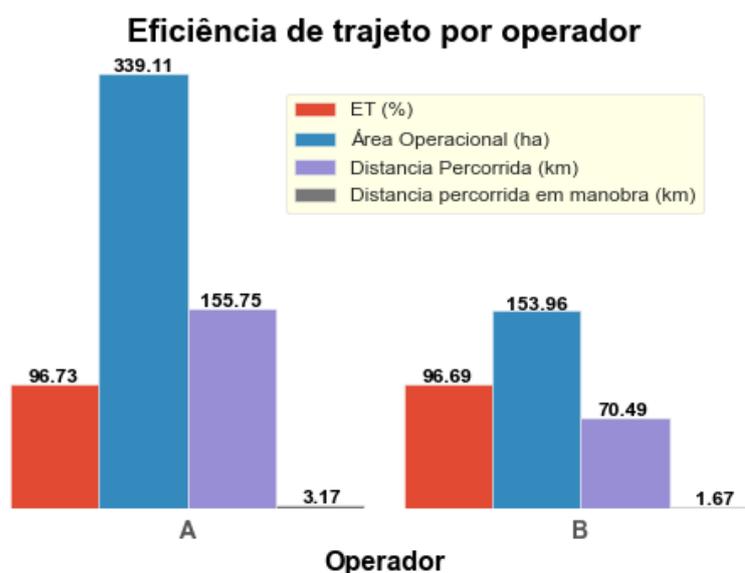
Tabela 4: Precipitações ocorridas.

Data	Chuva (mm)	Umidade (%)
02/11/2021	17,25	70,46
03/11/2021	5,52	69,77
04/11/2021	3,71	72,27

4.1.4 Eficiência de trajeto

O Gráfico 5 apresenta os valores para a eficiência de trajeto para ambos os operadores, sendo possível observar que os valores são próximos, porém o operador A obteve um resultado melhor. O valor de 96,69 % de eficiência de trajeto para o operador B demonstra que, durante a operação, este operador percorreu 3,31% da distância total percorrida sem estar efetivamente realizando o plantio, enquanto o operador A obteve um valor de eficiência de trajeto de 96,73 % e durante a operação percorreu 4,33 % da distância total por ele percorrida sem estar efetivamente realizando o plantio. Esses resultados superam os valores publicados pela ASAE (2011), que tem como eficiência de campo para plantio um valor máximo de 70%, operando com velocidades de até 11 km/h.

Gráfico 5: Valores de eficiência de trajeto.



Observando-se a Tabela 2 é possível notar que o operador A, por ter trabalhado uma área maior, realizou uma quantidade maior de manobras. Além disso, a Figura 5 mostra que o operador A trabalhou em uma quina do talhão, podendo também contribuir com o número de manobras. As manobras estão diretamente ligadas à eficiência de trajeto, já que a distância percorrida na manobra é contabilizada no cálculo e neste processo o trator não está realizando o plantio. Sendo assim, a melhor eficiência de trajeto do operador B é compreensível, tendo em vista a quantidade de manobras.

No entanto, como a fórmula considera a variável “Área do talhão” como sendo a área total trabalhada pelo operador, ao dividi-la pelo produto da distância total percorrida com a largura de trabalho, é esperado que o aumento no número de manobras seja compensado pelo

aumento de área trabalhada, porém, como é perceptível no caso do operador A ao trabalhar em uma quina do talhão, o número de manobras aumenta e a área trabalhada não sofre um acréscimo significativo, já que as passadas são relativamente mais curtas.

Outro ponto importante diz respeito à distância percorrida por cada operador durante as manobras. A maneira como o operador realiza a manobra interfere diretamente no tempo de manobra e na distância percorrida pela máquina durante esse processo.

Figura 6: Trabalho do operador A na quina do talhão



Fonte: SOLINFTEC SGPA (2022).

5 CONCLUSÃO

Conforme observado no trabalho, quando realizada a análise comparativa, é possível notar semelhanças em parâmetros como consumo médio, velocidade média e rotação no motor média, porém os resultados apresentados pelo operador A são melhores.

Na capacidade de campo, os resultados evidenciaram uma maior variação de velocidade durante a operação do operador A, fazendo com que os valores de CcT e CcE oscilassem devido a essa variação, o que pode ter ligação direta com o operador, além do desempenho do operador A ter se apresentado superior no CcO, com maior produção em hora trabalhada. Para tanto, deve ser considerada a umidade instantânea e acumulada do solo para que se tenha resultados mais precisos, pois a umidade interfere diretamente na qualidade e eficiência da operação.

No Rendimento de campo, os resultados do operador B se apresentaram melhores devido ao fato de que ele realizou manobras mais eficientes, diminuindo o intervalo de tempo, porém a área trabalhada é menor.

As perdas por não aproveitamento das dimensões do equipamento foram poucas segundo os valores demonstrados pelo RcT, o que provavelmente ocorreu devido ao uso de piloto automático.

Dessa forma, deve-se considerar a distância percorrida por cada operador durante as manobras, além do fato de que a maneira como o operador realiza a manobra interfere diretamente no tempo de manobra e também na distância percorrida pela máquina durante esse processo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMATO NETO, J. A indústria de máquinas agrícolas no Brasil - origens e evolução. **RAE-Revista de Administração de Empresas**, [S. l.], v. 25, n. 3, p. 57–69, 1985. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rae/article/view/39168>. Acesso em: 5 jul. 2022.

ASABE. (2011). ASAE D497.7. **Agricultural Machinery Management Data**. ASABE Standards. St. Joseph, Michigan. 2011.

FILATRO, Andrea. **Data Science na Educação: presencial, a distância e corporativa**. 1. ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2021.

MEYER, Wagner et al. **Avaliação de Operadores e Técnicos de manutenção de máquinas agrícolas no setor canavieiro**. Multi-Science Journal (ISSN 2359-6902), v. 1, n. 3, p. 64-68, 2015.

MIALHE, L.G. **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 301 p., 1974.

MOLIN, José Paulo e AMARAL, Lucas Rios do e COLAÇO, André Freitas. **Agricultura de precisão**. São Paulo: Oficina de Textos. Acesso em: 09 jul. 2022. 2015

PERIN, Gismael Francisco. **EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF DIFFERENT AGRICULTURAL OPERATIONS UTILIZING PRECISION AGRICULTURE**

TECHNIQUES. 2008. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL. **Tratores Agrícolas: Manutenção de Tratores Agrícolas**. 188p. Brasília: SENAR, 2017.

SICHONANY, Oni Reasilvia de Almeida Oliveira. **DECISION SUPPORT SYSTEM FOR USE IN AGRIBUSINESS (SADA): TELEMETRY AND DATA PROCESSING PERFORMANCE OF MACHINE HARVEST**. 2011. 164 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

SILVEIRA, G.M. **Custo horário das máquinas agrícolas**. IAC – Campinas. 4p. 2006.

SOLINFTEC - Automação Industrial. **Introdução aos processos da Usina E Monitoramento veicular**. Araçatuba SP. 2022.

WES MCKINNEY, **Python for Data Analysis**, O'Reilly, 2018.