

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**PEDRO OLEA HAMANN**

**VIABILIDADE OPERACIONAL E ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DE VANTs E  
FERRAMENTAS DIGITAIS PARA A DEMARCAÇÃO DE TAIPAS EM LAVOURA  
DE ARROZ IRRIGADO**

**Itaqui**

**2023**

**PEDRO OLEA HAMANN**

**VIABILIDADE OPERACIONAL E ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DE VANTs E  
FERRAMENTAS DIGITAIS PARA A DEMARCAÇÃO DE TAIPAS EM LAVOURA  
DE ARROZ IRRIGADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Ma. Denise Gomes de Gomes

**Itaqui**

**2023**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos  
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do  
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

H198v Hamann, Pedro Olea

Viabilidade operacional e econômica da utilização de VANTs  
e ferramentas digitais para a demarcação de taipas em lavoura  
de arroz irrigado / Pedro Olea Hamann.

65 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade  
Federal do Pampa, AGRONOMIA, 2023.

"Orientação: Denise Gomes de Gomes".

1. Custos de produção. 2. VANTs. 3. Curvas de nível. 4.  
Terceirização. 5. Arroz. I. Título.

**PEDRO OLEA HAMANN**

**VIABILIDADE OPERACIONAL E ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DE VANTs E  
FERRAMENTAS DIGITAIS PARA A DEMARCAÇÃO DE TAIPAS EM LAVOURA  
DE ARROZ IRRIGADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Ma. Denise Gomes de Gomes

Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em 31 de janeiro de 2023.

Banca examinadora:

Documento assinado digitalmente  
 DENISE GOMES DE GOMES  
Data: 08/02/2023 13:19:36-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Prof.<sup>a</sup> Ma. Denise Gomes de Gomes  
Orientadora  
UNIPAMPA – Campus Itaqui – RS

Documento assinado digitalmente  
 ALEXANDRE RUSSINI  
Data: 09/02/2023 08:33:00-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Prof. Dr. Alexandre Russini  
UNIPAMPA – Campus Itaqui – RS

Documento assinado digitalmente  
 CRISTIANO GALAFASSI  
Data: 08/02/2023 13:42:41-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Prof. Dr. Cristiano Galafassi  
UNIPAMPA – Campus Itaqui – RS

## AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus, por toda a saúde e privilégio a vida que me foi concedido.

Aos meus pais, Mauro Luiz Hamann e Daisy Olea Hamann; à minha irmã, Maura Olea Hamann; meus avós e tios, bem como demais familiares, pois sem eles nada seria possível; à minha namorada, Isadora Barroso Motta, pelo apoio e companheirismo no decorrer da pesquisa.

A Universidade Federal do Pampa, pela oportunidade em fazer parte do curso de graduação em Agronomia, bem como a todos os integrantes do corpo docente.

A minha orientadora, professora Denise Gomes de Gomes, que sempre esteve presente, com enorme apoio e dedicação sempre que necessitei de auxílio durante a elaboração do trabalho, bem como motivação para que este se fizesse real, deixo minha inestimável gratidão.

Aos professores Alexandre Russini e Cristiano Galafassi, pela aceitação a banca e grande contribuição ao trabalho, como também ao Laboratório de Sistemas Inteligentes e Modelagem (LabSIM), por todo o suporte ao longo do curso, desde minha integração ao mesmo.

A Antônio Arns, proprietário da empresa ArnsTronic, pelo fornecimento de dados, suporte e colaboração com a pesquisa.

A professora Maria Ines Diel, pelo auxílio e contribuição na análise dos dados do trabalho.

Aos demais colegas e amigos que sempre estiveram comigo, pelo apoio e companheirismo, cada qual sabe a sua imensurável importância em minha vida.

“As grandes ideias surgem da observação dos pequenos detalhes”.

Augusto Cury

## RESUMO

### VIABILIDADE OPERACIONAL E ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DE VANTs E FERRAMENTAS DIGITAIS PARA A DEMARCAÇÃO DE TAIPAS EM LAVOURA DE ARROZ IRRIGADO

Autor: Pedro Olea Hamann

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Ma. Denise Gomes de Gomes

Local e Data: Itaqui, 31 de janeiro de 2023.

No processo de preparo da área para implantação, o cultivo de arroz irrigado por inundação necessita de levantamentos das curvas de nível de topografia de sua área para posterior construção de taipas, que serão peças fundamentais para que se tenha uma irrigação eficaz dentro da lavoura, afetando diretamente na produtividade de grãos. Este processo ainda atualmente é feito em sua maioria de forma convencional, com a utilização de um equipamento de nivelamento a *laser* acoplado a um trator, sendo este conduzido conforme as cotas da área e sinal reproduzido conforme elas pela topografia do terreno. Uma forma mais eficaz de se realizar este levantamento é utilizando Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), os quais podem ser contratados apenas uma vez para realização do levantamento topográfico da área, e posterior arquivamento de dados para sua utilização perene. Neste contexto, o presente trabalho apresenta uma análise de viabilidade econômica comparando duas metodologias para o processo em questão. O principal objetivo do estudo foi de verificar se a utilização do serviço de levantamento de curvas de nível para demarcação de taipas em lavouras de arroz irrigado, realizado via Veículos Aéreos Não Tripulados, se apresenta como uma alternativa operacional e economicamente viável quando comparada ao método tradicional, realizado com máquinas e equipamentos próprios. Como resultado principal, obtém-se que a realização do processo via serviço contratado por VANT apresentou redução de custos de mais de 95% em todas as dimensões de áreas estudadas, em comparação ao método convencional, considerando o resultado dos dados obtidos para 5 safras em três áreas de lavoura diferentes. Sendo assim, comprova-se a viabilidade econômica e operacional de utilização de VANTs e ferramentas digitais para a demarcação de taipas na lavoura de arroz irrigado, na condição em que o estudo foi realizado.

**Palavras-chave:** Custos de Produção; VANTs; Curvas de Níveis; Terceirização; Arroz.

## ABSTRACT

### OPERATIONAL AND ECONOMIC FEASIBILITY OF THE USE OF UAVs AND DIGITAL TOOLS FOR THE DEMARCATION OF RAMMED EARTH IN IRRIGATED RICE FARMING

Author: Pedro Olea Hamann

Advisor: Prof.<sup>a</sup> Ma. Denise Gomes de Gomes

Place and Date: Itaqui-RS, January 31th, 2023.

In the process of preparing the area for implantation, the cultivation of flood-irrigated rice needs surveys of the contour lines of the topography of its area for later construction of rammed earth, which will be fundamental pieces for having effective irrigation inside the crop, affecting directly on grain yield. This process is still done mostly conventionally, with the use of laser leveling equipment coupled to a tractor, which is controlled according to the quotas of the area and the signal reproduced according to them by the topography of the land. A more effective way to carry out this survey is by using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), which can be contracted only once to carry out the topographic survey of the area, and subsequent data archiving for permanent use. In this context, the present work presents an economic viability analysis comparing two methodologies for the process in question. The study's main objective was to verify whether the use of the service of surveying contour lines for demarcating rammed earth in irrigated rice fields, carried out via Unmanned Aerial Vehicles, presents itself as an operational and financial alternative when it defeated the traditional method, performed with own machines and equipment. As a main result, it is obtained that carrying out the process via the service contracted by the UAV presented a cost reduction of more than 95% in all dimensions of the areas studied, compared to the conventional method, considering the result of the data obtained for 5 harvests in three different farming areas. Therefore, the economic and operational viability of using UAVs and digital tools for demarcating rammed earth in irrigated rice fields is confirmed, in the condition in which the study was carried out.

**Keywords:** Production Costs; UAVs; Level Curves; Outsourcing; Rice.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1-</b> Dados utilizados para calcular a depreciação do trator.....	32
<b>Figura 2-</b> Dados utilizados para calcular a depreciação do equipamento topográfico.....	32
<b>Figura 3 -</b> Dimensão 200 hectares: método convencional x serviço com VANTs.....	38
<b>Figura 4 -</b> Dimensão 1.000 hectares: método convencional x serviço com VANTs..	41
<b>Figura 5-</b> Dimensão 5.000 hectares: método convencional x serviço com VANTs...	44
<b>Figura 6-</b> Comparação geral entre dimensões em separado: método convencional x serviço com VANTs (RStudio).....	47
<b>Figura 7-</b> Comparação geral entre dimensões em conjunto: método convencional x serviço com VANTs (RStudio).....	48
<b>Figura 8-</b> Comparação geral linear: método convencional x serviço com VANTs.....	49
<b>Figura 9 -</b> Comparação geral linear (por hectare): método convencional x serviço com VANTs.....	50
<b>Figura 10-</b> Índices de redução de custos gerais.....	52
<b>Figura 11-</b> Payback Serviço VANT + Piloto automático (2): dimensão 200 hectares.....	57
<b>Figura 12-</b> Payback Serviço VANT + Piloto automático (5): dimensão 1.000 hectares.....	57
<b>Figura 13 -</b> Payback Serviço VANT + Piloto automático (26): dimensão 5.000.....	58

## LISTA DE TABELAS

<b>Quadro 1-</b> Descrição de custos-base médios obtidos nos métodos convencional e prestação de serviços com VANTs.....	28
<b>Quadro 2-</b> Descrição da transformação de custos obtidos para 200 hectares: método convencional x serviço com VANTs.....	34
<b>Quadro 3-</b> Descrição da transformação de custos obtidos para 1.000 hectares: método convencional x serviço com VANTs.....	35
<b>Quadro 4-</b> Descrição da transformação de custos obtidos para 5.000 hectares: método convencional x serviço com VANTs.....	35
<b>Tabela 1-</b> Descrição dos resultados obtidos para 200 hectares: método convencional x serviço com VANTs.....	38
<b>Tabela 2 -</b> Resultados de redução de custos utilizando o serviço de terceirização via VANTs para 200 hectares.....	39
<b>Tabela 3-</b> Descrição dos resultados obtidos para 1.000 hectares: método convencional x serviço com VANTs.....	40
<b>Tabela 4-</b> Resultados de redução de custos utilizando o serviço de terceirização via VANTs para 1.000 hectares.....	42
<b>Tabela 5-</b> Descrição dos resultados obtidos para 5.000 hectares: método convencional x serviço com VANTs.....	43
<b>Tabela 6-</b> Resultados de redução de custos utilizando o serviço de terceirização via VANTs para 5.000 hectares.....	44
<b>Tabela 7 -</b> Abordagem geral dos resultados: método convencional x serviço com VANTs.....	46
<b>Tabela 8-</b> Índices de redução de custos gerais.....	51
<b>Tabela 9 -</b> Viabilidade de obtenção do piloto automático do método via VANT em relação ao método convencional.....	55
<b>Tabela 10-</b> Abordagem geral dos resultados: método convencional x serviço com VANTs + Piloto Automático.....	56

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>1.1</b>	<b>Justificativa</b> .....	<b>12</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivo geral</b> .....	<b>12</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos específicos</b> .....	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>Cultura do arroz (<i>Oryza sativa</i>)</b> .....	<b>14</b>
<b>2.2</b>	<b>Processo de demarcação de curvas de nível</b> .....	<b>16</b>
<b>2.3</b>	<b>Agricultura de Precisão</b> .....	<b>17</b>
<b>2.4</b>	<b>Utilização de VANTs na agricultura</b> .....	<b>21</b>
<b>2.5</b>	<b>Terceirização de serviços agrícolas</b> .....	<b>23</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>26</b>
<b>3.1</b>	<b>Apresentação</b> .....	<b>26</b>
<b>3.2</b>	<b>Coleta de dados e cálculos</b> .....	<b>27</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>38</b>
<b>4.1</b>	<b>Resultados para a área de 200 hectares</b> .....	<b>38</b>
<b>4.2</b>	<b>Resultados para a área de 1.000 hectares</b> .....	<b>40</b>
<b>4.3</b>	<b>Resultados para a área de 5.000 hectares</b> .....	<b>43</b>
<b>4.4</b>	<b>Resultados gerais</b> .....	<b>46</b>
<b>4.5</b>	<b>Comparação adicional: método convencional x serviço terceirizado via VANTs + piloto automático</b> .....	<b>54</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>59</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>60</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de produção agropecuários passaram por grandes transformações com a introdução de novas tecnologias, principalmente com o advento do movimento internacionalmente conhecido como Revolução Verde (TILMAN *et al.*, 2002). Para enfrentar o desafio de produzir alimentos de forma sustentável e atender às demandas crescentes da população, a agricultura do futuro necessita aumentar a produtividade, extraíndo o máximo de valor de cada etapa do ciclo de produção.

O arroz (*Oryza sativa*) é um dos alimentos mais importantes na nutrição do ser humano, sendo a base das refeições de mais de 3 bilhões de pessoas no mundo. O Brasil é um dos dez maiores produtores mundiais de arroz irrigado e o maior da América do Sul, destacando-se a região sul do País, responsável por 50% da produção nacional (BARATTO *et al.*, 2022).

Em várzeas, o arroz pode ser cultivado de duas maneiras: em terrenos com irrigação controlada (arroz irrigado), onde a cultura é irrigada por alagamento contínuo e controlado e com a formação e manutenção de lâmina d'água até sua maturação, ou ainda em áreas sem controle da irrigação (várzea úmida, semeado em baixadas, parcialmente sistematizadas e drenadas ou sem sistematização) em que enchentes dos rios, chuvas ou lençóis freáticos são as fontes de água para o desenvolvimento vegetal (KISCHEL *et al.*, 2011).

A irrigação do arroz em superfície com desnível necessita de barreiras para retenção de uma lâmina d'água, para isso são construídas taipas em curvas de nível, sendo que a diferença de cotas depende da inclinação do terreno (BISOGNIN *et al.*, 2013). A construção das taipas atualmente é realizada com a utilização de nível *laser* onde um emissor de raio *laser* fica instalado em uma base fixa. Conforme Bueno (2018), o trator deve ser adaptado para ser instalada a régua com o receptor que irá receber o sinal enviado pela base *laser* e, em muitos casos, nem capota este trator deve ter logo após a régua receber o receptor. Ainda, este deve ser ligado a um monitor que irá informar ao operador o caminho que ele deve percorrer, se é para a esquerda ou para a direita, respeitando o nível no terreno, e até aqui, a lavoura estará somente com um simples risco no solo, devendo ainda vir outro trator com uma taipadeira acoplada, que irá efetivamente construir a taipa seguindo a marcação que

o trator com o *laser* deixou e, geralmente, uma segunda passada de taipadeira é feita para dar mais consistência a mesma (BISOGNIN, 2013).

Por conseguinte, os sistemas convencionais de demarcação de curvas de nível para o processo de construção de taipas, visando a irrigação na cultura do arroz, necessitam de recursos operacionais e financeiros, os quais podem ser reduzidos pela utilização de VANTs para o imageamento de terreno, coleta de dados, e posterior exportação dos mesmos para um *software* adequado à execução de mapas, os quais, via arquivamento, podem ser utilizados para trabalhos e safras futuras sem necessidade de novos levantamentos. .

### **1.1 Justificativa**

A justificativa para a escolha do tema apoia-se na observação de que a demarcação das taipas de forma convencional utiliza bastante tempo e mais recursos, o que poderia ser facilitado caso haja a verificação de que a utilização de VANTs para este serviço seja economicamente viável.

As dimensões de áreas definidas para o levantamento se justificam pelo fato da necessidade de comparação entre áreas de produção de baixa extensão, média extensão, e grande extensão, para que se demonstre o quanto se modifica com o aumento de área, como também pelo acúmulo de safras trabalhadas de acordo com a utilização de cada um dos métodos.

### **1.1 Objetivo geral**

Verificar se a utilização do serviço de levantamento de curvas de níveis para demarcação de taipas em lavouras de arroz irrigado, realizado via Veículos Aéreos Não Tribulados, se apresenta como uma alternativa operacional e economicamente viável quando comparada ao método tradicional, realizado com máquinas e equipamentos próprios.

## 1.2 Objetivos específicos

- Compreender especificidades da evolução do uso de tecnologia na produção agrícola e das curvas de nível para demarcação de taipas em lavouras de arroz irrigado;
- Comparar custos fixos e variáveis da utilização de máquinas e implementos agrícolas próprios e da terceirização do serviço;
- Realizar análise de viabilidade econômico por meio da determinação do tempo de retorno do investimento (*payback*).

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Cultura do arroz (*Oryza sativa*)

Mundialmente, em comparação com a produção das demais culturas, o arroz é superado apenas pelo milho e pelo trigo, participando em aproximadamente 33% da produção mundial de cereais, sendo consumido pelas populações em todo o globo terrestre. O Brasil possui grande importância econômica nas Américas quanto a sua produção, situando-se em nono lugar com uma produção correspondente a 1,5% da mundial e 43% correspondendo à participação do País dentro da América Latina e Caribe (EMBRAPA, 2019).

Conforme Conab (2015), o arroz é uma planta pertencente à família das gramíneas, do gênero *Oryza*, sendo a espécie *Oryza sativa* a mais cultivada. É o alimento básico de mais da metade da população mundial, sendo cultivado em todos os continentes, no qual o destaque é o continente asiático que apresenta uma produção equivalendo a aproximadamente 90% da mundial do grão (EMBRAPA, 2019).

Possuindo uma área semeada estimada em 77,1 milhões de hectares para a safra 2022/23, a agricultura no Brasil mantém a tendência de crescimento dos últimos anos, constituindo-se em mais uma estimativa de recorde, equivalendo a um crescimento de 3,4%, ou seja, 2,54 milhões de hectares frente à área da safra 2021/22. O indicativo atual é de um volume de 310,9 milhões de toneladas, sinalizando incremento de 14,5% ou 39,3 milhões de toneladas (CONAB, 2023).

Já para o cultivo de arroz, houve uma redução significativa de área em todas as regiões produtoras, com 9,3% de diminuição na área cultivada, prevendo-se uma produção de 10,4 milhões de toneladas. Em áreas irrigadas estimam-se 9,7 milhões de toneladas e 689,1 mil toneladas em áreas de sequeiro (CONAB, 2023).

Por conseguinte, estas estimativas de redução na área de produção de arroz em nível nacional, relacionado aos dados de produção da safra passada, vêm a ser reflexo principalmente da estimativa de significativa redução de área em meio à reduzida rentabilidade projetada para o setor, com a menor atratividade financeira do setor orizícola em relação às culturas concorrentes por área, como a soja e o milho.

Estima-se uma queda do consumo nacional para 10,6 milhões de toneladas nas safras 2021/22 e 2022/23 em razão da perspectiva de recuperação econômica, dado o fato de o arroz possuir uma elasticidade-renda negativa. Sobre a balança comercial, estimam-se importações nacionais em 1,2 milhão de toneladas (CONAB, 2023).

No Brasil, o arroz é produzido sob diversos sistemas de cultivo. Os principais exemplos são o cultivo de sequeiro e o cultivo de arroz irrigado. Por ser um cereal produzido em todo o País, representa a principal fonte de renda agrícola de alguns estados. Quanto ao sistema de produção de arroz irrigado, no Brasil, tanto em área plantada quanto em rendimento médio e produção relativa, o predomínio se dá na Região Sul do País (CONAB, 2018), nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, os quais representam aproximadamente 77% da produção nacional (DORIGUEL *et al.*, 2020).

Em áreas cultivadas atualmente no Rio Grande do Sul, as lavouras apresentam um bom estande de plantas em sua maioria com poucas exceções, como na região da Fronteira Oeste onde a baixa umidade do solo no momento da semeadura condicionou as lavouras, apresentando falhas. Há registros de produtores que realizaram o banho nas lavouras, a fim de favorecer a capacidade hídrica do solo e evitar a má germinação (CONAB, 2023).

A eficiência na utilização da água é uma necessidade na atividade de produção de arroz, pois representa custos financeiros e ambientais. Seu elevado consumo hídrico em lavouras de arroz irrigado impacta financeiramente o produtor e também a qualidade ambiental.

A utilização de métodos convencionais de demarcação de curvas de níveis para construção de taipas para o arroz irrigado tem proporcionado ao produtor elevados gastos, principalmente no que tange aos manejos e tecnologias de preparo de solo e suas atribuições. Com isso em vista, estuda-se a necessidade de tecnificação dos processos, investimento em tecnologias atuais e modernas, visando a redução de custos da lavoura e fazendo com que o processo produtivo se torne mais rentável e eficiente.

## 2.2 Processo de demarcação de curvas de nível

O sistema de produção de arroz irrigado em superfície com desnível precisa de barreiras para a retenção da lâmina d'água, com isso são construídas taipas em curvas de nível, sendo que a diferença de cotas depende da inclinação do terreno (BISOGNIN *et al.*, 2013). Esse processo construtivo de taipas em curvas de nível ocorre anualmente e antecede a semeadura do arroz, sendo um dos mais importantes preparos de solo antecedentes, que deve ser feito de forma cautelosa e precisa, conforme as características topográficas do terreno em que o cultivo será feito, visando uma boa distribuição e uso eficiente dos recursos hídricos disponíveis.

O desnível vertical, entre uma taipa e outra, pode variar de 0,05 a 0,15 metros, dependendo do menor ou maior desnível do terreno. Intervalos menores podem ser utilizados em solos com superfícies mais planas, visando reduzir o tamanho dos quadros. Em casos especiais, os intervalos verticais podem ser maiores que 0,15 metros, de forma que seja mantida condição necessária para que as máquinas e implementos sejam operacionalizados (BRUTTI, 2014).

Conforme Martins (2019), como definição com relação ao plano terrestre, as curvas de nível são representadas topograficamente por linhas, as quais pertencem a um mesmo terreno situado na parte horizontal, onde todos os pontos de uma mesma linha estarão na mesma altura, ou seja, no mesmo nível. Vale ressaltar a importância de que, de uma linha de curva de nível para outra, existe uma distância onde, a partir desta, pode-se representar e expressar seu relevo. Em resumo, a curva de nível nada mais é do que uma linha que conecta diversos pontos de mesmo valor altimétrico e quando combinadas, ajudam a verificar os níveis de altitude de um terreno ou qualquer irregularidade em sua superfície.

O objetivo da demarcação de curvas de nível é fornecer informações sobre a altitude e irregularidades de um terreno com acurácia e precisão, em que através destes dados seja possível realizar uma série de análises relevantes principalmente na topografia e na engenharia (MARTINS, 2019).

Assim, segundo Martins (2019), realiza-se, de forma geral, um estudo minucioso da topografia do terreno, onde se analisa os desníveis do terreno, e se mostram os locais onde devem ser construídas as taipas, as quais farão papel de

grande relevância na irrigação de toda a lavoura por inundação, desenhando assim o caminho que a água deverá percorrer. As taipas em questão ficam exatamente sobre as curvas de nível do terreno.

A construção de taipas pelo método convencional, ainda muito utilizado até o momento, é realizada com a utilização de nível *laser* onde um emissor de raio *laser* fica instalado em uma base fixa, o qual, dependendo o equipamento, pode cobrir uma área de aproximadamente 700 metros de raio sem obstáculos. Após isso, a base fixa deverá ser movimentada e instalada em um novo ponto para dar continuidade ao trabalho. Nesse método, o trator deve ser adaptado para ser instalada uma régua com o receptor que irá receber o sinal enviado pela base *laser* e, logo após, a régua receber o receptor, sendo que ainda este deve estar conectado a um monitor que irá informar ao operador o caminho que ele deverá percorrer (BISOGNIN *et al.*, 2013).

### **2.3 Agricultura de Precisão**

Agricultura de Precisão, termo utilizado em âmbito nacional brasileiro, é um sistema de produção adotado por agricultores de países de tecnologia avançada, também chamado por eles de *Precision Agriculture*, *Precision Farming* e *Site-Specific Crop Management* (TSCHIEDEL; FERREIRA, 2002).

A ideia de Agricultura de Precisão surgiu antes mesmo do período da Revolução Industrial (1750-1840) como uma técnica de tratar a cultura em busca do seu melhor rendimento, levando em conta os aspectos de localização e fertilidade do solo, entre outros fatores (EMBRAPA, 2022). Seus fundamentos modernos derivam do início do século XX, sendo que somente na década de 1980 na Europa e nos EUA, com o desenvolvimento de microcomputadores, sensores e softwares, é que a AP se tornou viável para os produtores (EMBRAPA, 2022).

A Agricultura de Precisão no Brasil ainda está em uma fase muito incipiente, apesar da grande importância brasileira no cenário agrícola mundial. Sua ampliação favorecerá a agricultura nacional através da otimização dos investimentos de recursos na produção (EMBRAPA, 2022).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), definiu a Agricultura de Precisão como “um sistema de gerenciamento agrícola baseada na variação espacial e temporal da unidade produtiva e visa ao aumento de retorno econômico, à sustentabilidade e à minimização do efeito ao ambiente” (BRASIL, 2012, p. 6).

Portando, a Agricultura de Precisão se enquadra como um sistema de gestão que leva em conta a variabilidade espacial do campo com o objetivo de obter um resultado sustentável social, econômico e ambiental (BERNARDI *et al.*, 2014). A AP é uma maneira de gerir um campo produtivo metro a metro, levando em conta o fato de que cada pedaço da fazenda tem propriedades diferentes. É um sistema de gerenciamento agrícola que parte de informações exatas e que promete reverter o quadro atual permitindo a aplicação de insumos agrícolas nos locais corretos e nas quantidades requeridas, mostrando-se crucial para a tomada de decisão do produtor rural.

A AP modifica a compreensão tradicional de tratar grandes áreas como sendo homogêneas, na qual leva-se em consideração o conceito da necessidade média para a aplicação dos insumos, fertilizantes, defensivos, água etc. Isso faz com que, por exemplo, a mesma formulação e/ou quantidade do fertilizante seja utilizada para toda a área, atendendo apenas às necessidades médias e não considerando, desta forma, as necessidades específicas de cada parte do campo. O mesmo acontece para os demais insumos, causando como resultado uma lavoura com produtividade não uniforme (TSCHIEDEL; FERREIRA, 2002).

Atualmente, vê-se a inovação como o grande motor do desenvolvimento econômico e dos ganhos de produtividade e sustentabilidade. Essa capacidade de inovação torna-se decisiva e pontual para a obtenção e manutenção de parâmetros competitivos em um mercado global. Isso é particularmente verdade no setor agropecuário, no qual novas tecnologias têm proporcionado aumentos significativos de produtividade sem comprometer a capacidade de sustentabilidade do meio ambiente (BASSOI *et al.*, 2019).

O processo de produção deve integrar conhecimentos agrônômicos, grandes bases de dados agrícolas, tecnologias inovadoras de sensores, satélites, veículos aéreos não tripulados, máquinas e robôs autônomos, *softwares* e plataformas em

nuvens, além de uma boa gestão administrativa e financeira. Mundialmente, e citando especialmente o Brasil, os sistemas de produção agropecuários têm passado por mudanças que sinalizam para a redução da mão-de-obra e, ao mesmo tempo, para a intensificação de seu uso (BASSOI *et al.*, 2019).

O avanço na gestão agrícola baseada nos princípios da Agricultura de Precisão faz parte do que se chama de Agricultura 4.0, que foi proposto após a criação da Indústria 4.0 pelo governo alemão (MOLIN *et al.*, 2020). A Agricultura 4.0, também chamada de *Digital Farming* ou *Smart Farming*, foi projetada principalmente para lidar com o aumento da produtividade, alocando recursos produtivos (terra, água, energia), adaptando a cadeia de suprimentos às mudanças climáticas e evitando o desperdício de alimentos.

Conforme MOLIN *et al.* (2020), outras características devem ser discutidas para estender as tecnologias atuais considerando sua viabilidade econômica e seu potencial de aplicabilidade para o gerenciamento de sites específicos. Avanços tecnológicos, principalmente a liberação do uso de satélites para posicionamento global (SPG ou GPS) para uso civil, foram primordiais para alavancar o crescimento da agricultura de precisão e digital.

Por volta do início dos anos 2010, foi observado um novo impulso na AP com a entrada da Agricultura 4.0, com base na evolução de várias tecnologias como sensores e atuadores, microprocessadores, comunicação celular de alta largura de banda, sistemas de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) baseados em nuvem e análise de *Big Data*. A partir desse momento, as tecnologias inteligentes são cada vez mais instaladas como recursos padrão em tratores, colhedoras e outros equipamentos (KOVÁCS; HUSTI, 2018).

A Agricultura 4.0 abre caminho para a próxima evolução da agricultura, consistindo em operações não tripuladas e sistemas de decisão autônomos. A Agricultura 5.0, já incipiente, tem por base a robótica e inteligência artificial (KOVÁCS; HUSTI, 2018). A agricultura digital tende a alavancar o uso inteligente de dados e comunicação visando a otimização de sistemas.

As ferramentas que possibilitam a agricultura digital são múltiplas e variadas e incluem tecnologias transversais, como ferramentas computacionais de decisão e análise, nuvem, sensores, robôs e ferramentas de comunicação digital (KOVÁCS;

HUSTI, 2018). Cabe ressaltar que as atividades de campo são possibilitadas por tecnologias de geolocalização, como Sistemas de Posicionamento Global, sistemas de informações geográficas, monitores de produção, amostragem de solo de precisão, sensoriamento espectroscópico proximal e remoto, veículos aéreos não tripulados, equipamentos auto direcionados e guiados e tecnologias de taxa variável. Ainda conforme Kovács e Husti (2018), a agricultura digital pode potencialmente acumular grandes quantidades de dados, e as capacidades analíticas que facilitam o emprego efetivo desses dados são os principais fatores de implementação.

Face ao exposto, visualizando a grande importância da implementação de tecnologias digitais e de precisão, vê-se uma forte tendência na quebra de paradigmas quanto aos sistemas de manejo tradicionais e convencionais, já que parte-se do pressuposto que, com um planejamento realizado de forma correta, evidenciam-se os fatos de que a tecnificação do campo vem a trazer grandes impactos positivos no que tange à manutenção do ambiente, aumento de produtividade, dados mais precisos e detalhados, assertividade nas ações e, conseqüentemente, uma redução de custos e impactos econômicos, que é o principal fator para a boa manutenção de um negócio próspero e duradouro projetado para o futuro da atividade.

O grande avanço tecnológico relacionado a Agricultura de Precisão (AP) e a entrada da nova frente de Agricultura 4.0, com a introdução de sistemas para levantamentos das curvas de nível de terreno como o RTK (*Real Time Kinematic*), sendo sua base em solo, e o PPK (*Post Processed Kinematic*), similar ao RTK porém sendo um sistema utilizado para pós-processamento, viabilizam a utilização de VANTs para a demarcação das curvas de nível.

Os VANTs vêm, então, ganhando forte destaque na área, dado que são recursos que, além de inserir grande aporte tecnológico para um sistema produtivo, podem vir a trazer benefícios ambientais e principalmente investimentos que, a curto e longo prazos, poderão trazer grande retorno financeiro e viabilidade econômica na operação, quando em comparação aos métodos convencionais do sistema.

Desta forma, destaca-se o avanço e estudo promissor nas possibilidades de utilização de veículos aéreos não tripulados, dos quais evidenciam-se fatores como a redução de custos com mão-de-obra especializada, aumento de nível tecnológico e

levantamento de dados mais precisos, dentre outras variáveis estudadas no presente trabalho.

## 2.4 Utilização de VANTs na agricultura

Dentro da Agricultura de Precisão existem diversas tecnologias, como já citadas, para o desenvolvimento agrícola e uma delas são os veículos aéreos não tripulados ou *drones*. O uso dos VANTs em áreas agrícolas vem sendo facilitado pelo atual estágio de desenvolvimento tecnológico, principalmente pelo tamanho dos equipamentos e pela necessidade de otimização da produção (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

O desenvolvimento de *drones* surge como uma importante opção e a sua aplicação em áreas agrícolas e missões de reconhecimento vem se tornando facilitada. Mundialmente reconhecido, o termo “Veículo Aéreo Não Tripulado” inclui uma grande gama de aeronaves que são autônomas, semiautônomas ou remotamente operadas (RASI, 2008). Para a Associação Brasileira de Aeromodelismo (ABA), a definição para VANT é: “um veículo capaz de voar na atmosfera, fora do efeito de solo, que foi projetado ou modificado para não receber um piloto humano e que é operado por controle remoto ou autônomo”.

O interesse nessas tecnologias tem crescido muito ao redor do mundo. Um grande fator que culmina no aumento do desenvolvimento de *drones* é devido os avanços tecnológicos computacionais, desenvolvimento de novos *softwares*, materiais mais leves para a sua fabricação, sistemas globais de navegação, avançados links de dados, sofisticados sensores e a miniaturização dos equipamentos (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

Referente a contextualização histórica, os primeiros relatos no Brasil notificando o uso de *drones* ocorreram por volta da década de 1980, quando o Centro Tecnológico Aeroespacial (CTA) criou o projeto Acauã com fins militares especificamente. Coincidentemente, na mesma época, os VANTs surgiram aplicados na agricultura por meio do projeto ARARA (Aeronave de Reconhecimento Assistida por Rádio e Autônoma) com o objetivo de substituir as aeronaves convencionais

utilizadas para obter fotografias aéreas, monitorando áreas agrícolas e áreas sujeitas a problemas ambientais (MEDEIROS, 2007).

Os primeiros experimentos com VANTs em fotogrametria foram executados por Przybilla e Wester-Ebbinghaus (1979), onde utilizaram velocidade da aeronave suficiente para que se obtivesse imagens aceitáveis mesmo em movimento. O estudo de Zischinsky *et al.* (2000) utilizou imagens obtidas com um modelo do tipo helicóptero para obtenção do modelo 3D de uma mina. Estudos na agricultura começaram a despertar interesse logo cedo (BERNARDI *et al.*, 2014). O helicóptero Yamaha com o sistema RCASS foi um dos primeiros VANTs que se têm relatos de uso na agricultura, em 1980, desenvolvido para controle de pragas em áreas de arroz, soja e trigo.

Em 1997 foi lançado o modelo RMAX, utilizado em pulverização, semeadura, sensoriamento remoto e na Agricultura de Precisão (DUTRA; GUIMARÃES, 2015). Existem vários desafios e perspectivas para a agricultura, destacando-se o monitoramento de recursos naturais, meio ambiente, atmosfera, imageamento hiperespectral, observações de rios e lagos, bem como o imageamento de práticas agrícolas e uso de solo (JORGE *et al.*, 2011).

Conforme Dutra e Guimarães (2015), atualmente os VANTs são utilizados para diversos fins agrícolas, como a cargo de monitoramento por sensoriamento remoto, o que possibilita o controle e detecção de pragas e doenças, bem como o monitoramento das condições fisiológicas das plantas em trabalhos de pulverização, semeadura e também para levantamento planialtimétrico de áreas para planejamento e preparo de solo, como no caso das curvas de nível. Com essa finalidade, se faz o uso de tecnologias como geoprocessamento, sensoriamento remoto orbital, Sistema de Informação Geográfica (SIG), Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS), e a aerofotogrametria para o processamento e análise de dados (GENILHU, 2021).

A utilização dessas ferramentas gera impactos positivos (a assistência no mapeamento e o melhoramento do processo de pulverização) trazendo maior precisão e segurança para as plantações e para os que nela trabalham, além de reduzir o impacto ambiental causado pelo uso de máquinas e implementos agrícolas e pela queima de combustíveis. Assim, as ferramentas fornecem análises automatizadas, através do tratamento, mapeamento e qualidade dos dados (GENILHU, 2021).

Segundo Oliveira *et al.* (2020), na Agricultura de Precisão a utilização de um *drone* segue algumas etapas, sendo elas: planejamento de voo; voo com sobreposição; obtenção das imagens georreferenciadas; processamento das imagens; geração de mosaico; análise em uma ferramenta GIS; e geração de relatórios.

Levando em consideração as etapas citadas, pode-se obter um mapeamento preciso de uma área, gerando benefícios para o agricultor, como mapeamentos agrícolas e hídricos de qualidade, além da obtenção dos dados de curvas de nível para a construção de taipas nas áreas de cultivos de arroz.

Esse processo via VANTs pode representar um custo relativamente alto, no curto prazo, já que se trata de um investimento para compra e uso próprio por produtores. Esse preço se torna mais elevado à medida que também se faz necessário o uso de equipamentos acessórios e de mão-de-obra especializada necessária para a efetivação dos processos. Com isso em vista, uma alternativa seria a contratação de serviços terceirizados por empresas especializadas nesse serviço, visando a redução de custos de mão-de-obra e maquinário, como também a melhor utilização de equipamentos já existentes por parte do produtor.

## **2.5 Terceirização de serviços agrícolas**

A terceirização de serviços é uma prática cada vez mais comum no mercado, especialmente em setores como o da produção agrícola, onde a competição é cada vez mais acirrada. Com o crescente uso de tecnologias avançadas e a necessidade de atualização constante, muitos pequenos produtores encontram dificuldades para manter-se competitivos no mercado. A terceirização de serviços, neste caso, pode ser uma alternativa para melhorar a produtividade e a qualidade dos produtos, sem a necessidade de investimentos significativos em equipamentos e tecnologias avançadas (GEHLEN *et al.*, 2018).

A terceirização é descrita por Viana (2008) e Legnaro (2008) como um processo planejado no qual uma empresa transfere a realização de determinadas atividades para terceiros, que se tornam responsáveis por essas tarefas. Conforme Novais e Romero (2009), embora não haja uma data precisa para o início da prática, alguns

autores mencionam que empresas de montagem de automóveis nos EUA já utilizavam a terceirização na década de 1950.

No Brasil, o setor automobilístico registrou o seu primeiro uso da terceirização em 1970. No entanto, de acordo com Cella *et al.* (2003), o setor agropecuário tem usado a terceirização há muito tempo, obtendo resultados positivos tanto para o terceirizado (proprietário da terra) quanto para o terceirizador (executor dos serviços).

Como mencionado, já é discutido há tempo sobre as vantagens que a terceirização de operações agrícolas pode trazer para uma empresa, como no estudo de Caus (1994), onde se fomenta que a terceirização permite que os empresários possam dedicar seu tempo a atividades que realmente promovem o crescimento de sua empresa, como a administração, planejamento, direção, organização e controle financeiro, de produção, comercialização e recursos humanos.

Existem vários motivos para se optar pela terceirização, como a desburocratização, agilidade e redução de custos. No entanto, o principal motivo para os produtores é aumentar a lucratividade. Embora a redução de custos seja um objetivo importante na terceirização, ele não deve ser o fator principal. Além disso, a terceirização proporciona ganhos não apenas através de custos mais baixos, mas também pela agilidade, comprometimento e desburocratização que ela oferece (NOVAIS; ROMERO, 2009).

Os comentários discorridos levam à criação de um questionamento na cabeça dos produtores rurais, principalmente os relacionados à produção de grãos. Nesse contexto, faz-se importante a aferição de cálculos entre os processos dos quais se correlacionam a possibilidade de um serviço ser feito pelo próprio produtor ou de ser delegado a terceiros, para que, então, tenham-se perspectivas de custos com exatidão e a partir disto se possa optar pela alternativa que apresente menor custo, deixando a atividade agrícola mais rentável.

Na era globalizada, onde as mudanças ocorrem rapidamente, é essencial que as empresas possuam conhecimento e controle financeiro sobre suas operações. A gestão financeira é uma das questões mais importantes na administração de qualquer organização, visando lucros financeiros ou externalidades<sup>1</sup> positivas. Devido a isso, é

---

<sup>1</sup> Externalidades, de acordo com referencial teórico proveniente da microeconomia, são falhas de mercado onde a ação de um agente econômico afeta outro(a) agente(s) sem que haja intenção e sem

fundamental reconhecer a importância da contabilidade de custos como uma ferramenta para otimizar os recursos disponíveis, para que as organizações possam prosperar (VARIAN; 2015).

A contabilidade de custos é uma das ferramentas consideradas fundamentais para a tomada de decisões no setor rural e pode ser uma fonte valiosa de orientação para os produtores. Para obter bons resultados no negócio, é necessário que os produtores rurais planejem e tenham conhecimento dos custos e realizem análises de viabilidade (MARSCHALI, 2011).

Assim, os principais custos envolvidos no processo de produção são os custos fixos, que ocorrem independentemente de haver produção, os custos variáveis, que são todos os custos necessários para produzir, ou seja, só acontecem quando há produção e o custo total que a soma dos dois. Além destes, pode-se citar o custo médio como sendo o custo por unidade produzida e o custo marginal, que expressa a variação do custo total em relação à variação da quantidade produzida (VARIAN, 2015).

Face ao exposto, a terceirização de operações agrícolas tem se tornado cada vez mais comum no setor primário brasileiro. Os produtores rurais são atraídos pela qualidade do serviço, encargos trabalhistas reduzidos ou ausentes e a possibilidade de não precisar investir em maquinários para realizar as operações. Como resultado, muitos estão optando pela terceirização de serviços especializados em diferentes segmentos da produção agropecuária. Essa tendência, já presente em outros países, está ganhando espaço no cenário brasileiro de produção de grãos (BERNARDI, 2019).

---

que isto esteja refletivo nos preços de mercado dos bens. Estas podem ser resultado do consumo ou do processo produtivo, sendo elas negativas quando a ação não intencional gera um custo marginal social e positivas quando resulta em um benefício marginal social (VARIAN, 2015).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Apresentação

Ao introduzir o tópico de resultados e discussões, é de suma importância iniciar por uma explicação detalhada de como o mesmo será disposto e sua sequência organizacional para um melhor entendimento pelo leitor quanto às suas implicações e visualização de resultados obtidos com todos os dados expostos na seção anterior. Com isso em vista, nos próximos parágrafos será explicado o passo a passo desta parte do trabalho.

Os resultados obtidos posterior à coleta de dados e custos a campo, com seus respectivos cálculos e transformações para critérios de comparação, serão apresentados na seguinte ordem. Subseção 4.1: comparação e demonstração visual dos custos entre os métodos convencional e serviço via VANT para a extensão de área de 200 hectares, na linha temporal de uma a cinco safras. Subseção 4.2: comparação e demonstração visual dos custos entre os métodos convencional e serviço via VANT para a extensão de área de *1.000 hectares*, na linha temporal de uma a cinco safras. E na subseção 4.3: comparação e demonstração visual dos custos entre os métodos convencional e serviço via VANT para a extensão de área de *5.000 hectares*, na linha temporal de uma a cinco safras.

Por conseguinte, após a comparação individual entre cada uma das três dimensões de análise correlacionadas à comparação temporal de uma a cinco safras, será também demonstrado e discutido a comparação de maneira geral com todos os dados de comparação de custo, em conjunto dos dados obtidos para as três extensões de áreas distintas, para uma melhor discussão das diferenças visualizadas entre elas.

Por último será feita uma comparação adicional, do custo relacionado ao método convencional em relação ao custo do serviço com VANT, só que para este último serão atribuídos os custos de compra, como também de depreciação e juros referentes ao equipamento, sinal e demais acessórios necessários quanto ao piloto automático, para verificar tal viabilidade como já explicado anteriormente neste trabalho, visando para que assim seja concluído este tópico.

Como padronização inicial para cada subtópico dimensional, será primeiramente demonstrado em forma de tabela os dados de custo obtido em comparação ao método convencional x método por VANT para a operação de levantamento de curvas de nível. Dentre eles, estarão comparados os custos totais da área dimensional e os custos por hectare para os períodos de uma a cinco safras. Após o detalhamento numérico via tabelas, serão demonstrados gráficos para uma melhor visualização dinâmica e discussão dos resultados.

### **3.2 Coleta de dados e cálculos**

O presente trabalho possui como pauta metodológica sucinta a comparação de custos entre dois distintos métodos para o levantamento planialtimétrico das curvas de nível para a construção de taipas em áreas de cultivo de arroz irrigado por inundação. Primeiramente, buscou-se solidificar uma base de referencial teórico para o trabalho, com o intuito de boa compreensão das fundamentações, organização e planejamento de pesquisa e levantamento de dados econômicos, visando buscar base teórica necessária e correta para a discussão e apresentação de resultados.

Por conseguinte, fez-se uma pesquisa a campo em busca de custos monetários referente aos dois métodos de levantamento de curvas de nível para construção de taipas em áreas de cultivo de arroz irrigado por inundação considerados neste trabalho, sendo: i) método convencional utilizando trator e nível *laser*; e ii) utilização de serviço de VANTs/mapeamento aéreo.

Os valores obtidos foram discutidos por meio de comparação de médias, em detrimento a três dimensões de áreas de cultivo de arroz distintas: 200 hectares, 1.000 hectares e 5.000 hectares. Buscando visualizar as diferenças em custos relacionados a fator temporal, comparando ambos os métodos de levantamento entre as três áreas de cultivo de arroz e também cada uma delas quanto ao período de uma a cinco safras, buscando analisar a modificação e diluição dos custos fixos e variáveis ao longo das safras e dimensões de áreas de cultivo.

Realizou-se uma busca a campo pelos valores dos equipamentos, mão-de-obra, serviços e demais unidades de custo para a viabilização dos cálculos. Nesse sentido, foram contatadas empresas que vendem máquinas agrícolas, empresas prestadoras de serviços com a utilização de VANTs, empresas prestadoras de serviço

com a utilização do método convencional, via trator e nível *laser*, produtores rurais e cotações.

Deu-se preferência para a utilização de custos e preços buscados e passados por contabilizações das empresas e produtores no desenvolvimento deste trabalho, e não focar exclusivamente na utilização de fórmulas existentes na literatura, como, por exemplo, de valores de gastos com combustível, mão-de-obra, manutenção de maquinário, entre outros. Os valores obtidos em moeda Real (R\$) foram convertidos para custo por hectare (ha), e custo em área total, nas três áreas, conforme cotação atual, para cada um dos índices analisados.

**Quadro 1-** Descrição de custos-base médios obtidos nos métodos convencional e prestação de serviços com VANTs

<b>Método convencional com nível <i>laser</i></b>	<b>Custos</b>
Trator	R\$ 80.000,00
Nível <i>Laser</i> + acessórios	R\$ 45.000,00
Manutenção	35% do lucro proporcional ao processo (média de R\$ 24,10 por hectare)
Mão-de-obra	R\$ 12,91 por hectare realizado + alimentação de R\$ 50,00 por dia (café, almoço e janta)
Combustível	R\$ 6,22 por litro utilizado
Depreciação trator	R\$ 6.400,00 ao ano
Depreciação Nível <i>Laser</i> + acessórios	R\$ 4.050,00 ao ano
Juros totais	R\$ 72,75 ao ano
<b>Serviço com VANT terceirizado</b>	<b>Custos</b>
Preço serviço	R\$ 85,00 por hectare

FONTE: Autor (2023).

Face ao exposto no Quadro 1, os dados foram coletados a campo, via consulta a produtores da região, empresas relacionadas à venda de maquinário agrícola, empresas que terceirizam o serviço de levantamento de curvas de nível via método convencional para a construção de taipas de arroz e também empresas que fazem o mesmo serviço de levantamento topográfico, só que via VANTs.

É necessário ressaltar que a transposição dos dados para valores monetários, em reais, e para a dimensão de área, na unidade de hectares, foi realizada com base em valores de cotações atualizadas com o período de elaboração da pesquisa (segundo semestre de 2022). Portanto, os dados podem variar com grande frequência no passar de dias e, com isso, para que se tenha uma maior exatidão nos resultados, alguns valores foram contabilizados com base no custo de venda de grãos, de compra de combustível, de equipamentos e máquinas agrícolas e também de custos de manutenção devem ser interpretados para os valores encontrados no momento da leitura.

Assim, este trabalho tem caráter demonstrativo, para a data de elaboração da pesquisa, de ilustrar a diferença de custos entre os dois métodos, com base nos valores para o período da pesquisa, quanto aos respectivos custos fixos e variáveis do processo.

O trator utilizado como referência para o levantamento de custos, a critérios de exemplo, é uma máquina agrícola de comum relação regional para a utilização quanto ao processo em questão, sendo ele o modelo Ford 6610, de 85 cv de potência. Quanto ao equipamento de levantamento topográfico, denominado nível *laser*, juntamente a seus acessórios, como régua e marcadores, não foram exemplificados com um modelo definido, por ocasião da ampla gama de marcas e modelos demonstrados. Portanto, para esse custo calculou-se o preço médio relacionado aos preços passados pelas empresas e produtores entrevistados.

Quanto ao custo obtido relacionado à manutenção do trator e equipamentos topográficos, a maioria dos produtores rurais entrevistados informaram os mesmos com pouca exatidão, sendo para este considerado os valores mencionados pelos empresários do ramo da terceirização de serviços agrícolas, os quais foram ditos em porcentagem em relação ao lucro dos mesmos com o serviço em questão.

Então, considerou-se uma porcentagem média de 35% relacionado ao lucro no processo. O lucro foi calculado por meio da equação (1), onde  $L\%$  é o lucro percentual, preço médio de mercado da saca de arroz e  $LS/ha$  corresponde ao lucro por saca de arroz por hectare. Obteve-se, portanto, o resultado de R\$ 68,87 (equação 2). O percentual de 35% equivale a R\$ 24,10 de lucro.

$$L\% = P_{arroz} * LS/ha \quad (1)$$

$$L\% = 80,00 * 0,861 \rightarrow L\% = 68,87 \quad (2)$$

No que tange à mão-de-obra, para o processo em questão foi feita uma média de custos levantados em conjunto aos produtores e empresas consultadas, do qual obteve-se o custo de R\$ 12,91 por hectare realizado. Também foi incluído neste custo a alimentação diária dos colaboradores, a qual foi fornecida pelas empresas, contabilizando as refeições de café da manhã, almoço e janta, onde o preço médio para o café da manhã foi de R\$ 10,00 por dia de trabalho, para o almoço R\$ 20,00 ao dia, e no turno da noite R\$ 20,00 por janta, o que totaliza R\$ 50,00 por dia de trabalho.

Para que este cálculo se fizesse possível, também foi feito o levantamento médio de hectares por dia que os equipamentos e máquinas em questão possuem capacidade de realizar quanto ao processo de demarcação das curvas de níveis para construção de taipas, sendo este o de 43,56 hectares por dia. Para tanto, basta dividir o custo de alimentação diário pela quantidade de hectares trabalhados por dia, onde obtém-se o custo aproximado de R\$ 1,15 por hectare em alimentação. Somando os valores de custo por hectare de trabalho e custo por hectare de alimentação da mão-de-obra, obtém-se o custo total de R\$ 14,06 por hectare para este quesito.

Para a contabilização do custo de combustível, o qual o preço é levantado para o litro de diesel, que é o combustível padrão utilizado para as máquinas agrícolas, foi calculado um valor médio do custo do litro do diesel com empresas relacionadas a venda do mesmo, como também produtores e empresários locais. O média de preços obtida foi de R\$ 6,22 por litro. Para a viabilização do cálculo, foi levantado o gasto por hora do combustível junto a produtores e empresários do ramo que citaram a utilização

do modelo referente à pesquisa, no qual o gasto indicado foi de 9 litros de diesel por hora.

Também foram coletados dados referentes à média de horas trabalhadas ao dia no processo alvo do trabalho, o qual foi de 12 horas ao dia. Multiplicando este valor pelo gasto por hora de diesel, obtém-se 108 litros de diesel por dia trabalhado, o qual multiplicado pelo valor do litro do combustível, resulta em R\$ 671,76 ao dia de trabalho. Dividindo o custo total em diesel por dia de trabalho, pela quantidade de hectares média de trabalho diário, obtém-se o valor do custo de combustível por hectare, o qual resulta em R\$ 15,42.

Por conseguinte, foram feitos os cálculos de depreciação quanto aos maquinários equipamentos topográficos relacionados ao trabalho em questão, como também dos juros anuais quanto aos mesmos conforme as seguintes fórmulas:

Depreciação, expressa na equação (3), de acordo com Mialhe (1974), é a perda do valor da máquina em função do seu desgaste natural, ferrugem e danificação de um modo geral, além do obsolescimento, calculado pela fórmula abaixo onde a depreciação é fruto da divisão do valor inicial da máquina menos o valor final, dividido pela vida útil em anos do maquinário.

$$D = \frac{Vi - Vf}{Vu} \quad (3)$$

Os juros, a remuneração do dinheiro ao longo do tempo, a serem contabilizados compõem os custos fixos, porque independem do uso a que a máquina é submetida. Correspondem a uma remuneração sobre um capital empregado no processo produtivo e são calculadas conforme equação (4) abaixo onde  $J$  representa os juros,  $Vi$  o valor inicial da máquina, isto é, o preço de compra,  $Vf$  é o valor residual da máquina e  $Vu$  é a vida útil do bem em anos. O valor de  $i$ , a taxa de juros, sugerido é de 1% do custo inicial ao ano, relacionado a máquinas e equipamentos adquiridos sem a realização de financiamento.

$$J = \left\{ \left[ \frac{(Vi + Vf)}{2} \right] * i \right\} / Vu \quad (4)$$

Os custos para os cálculos foram levantados pelos seguintes bancos de dados expressos nas Figuras 1 e 2.

**Figura 1-** Dados utilizados para calcular a depreciação do trator

Equipamento	Vida útil (horas)	Vida útil (anos)	Uso por ano (horas/ano)
Tratores	10.000	10	1.000
Arados	2.000	5	400
Grades	2.000	5	400
Escarificadores	2.000	5	400
Subsoladores	2.000	5	400
Enxadas rotativas	2.000	5	400
Semeadoras de sementes miúdas	1.200	5	240
Semeadoras de sementes graúdas (de precisão)			
Plantio direto	1.200	5	240
Plantio convencional	1.200	5	240
Cultivadores	2.000	5	400
Pulverizadores	1.200	5	240
Colhedora de arrasto	8.000	10	800
Colhedora combinada automotriz	8.000	10	800
Colhedora de forragem	2.500	10	250
Ceifadoras	2.000	10	200

FONTE: Pacheco (2000).

**Figura 2-** Dados utilizados para calcular a depreciação do equipamento topográfico

Referência NCM	Bens	Prazo de vida útil (anos)	Taxa anual de depreciação
9015	INSTRUMENTOS E APARELHOS DE GEODÉSIA, TOPOGRAFIA, AGRIMENSURA, NIVELAMENTO, FOTOGRAMETRIA, HIDROGRAFIA, OCEANOGRAFIA, HIDROLOGIA, METEOROLOGIA OU DE GEOFÍSICA, EXCETO BÚSSOLAS; TELÊMETROS	10	10 %

FONTE: Empresa de contabilidade consultada, consoante com o disposto pela Instrução Normativa da Receita Federal Brasileira nº 1.700/2017.

Transpondo os custos obtidos junto aos produtores e consultados junto às empresas para as fórmulas os valores resultaram na seguinte relação de dados:

depreciação anual do trator de R\$ 6.400,00, depreciação anual dos equipamentos topográficos de R\$ 4.050,00, e juros totais de R\$ 72,75 anuais (R\$ 48,00 de juros do trator somados a R\$ 24,75 de juros dos equipamentos topográficos). Assim, chega-se ao custo de R\$ 10.522,75 ao ano, considerando a depreciação do trator e dos equipamentos e os juros quanto aos mesmos.

É importante destacar que, para conhecimento mútuo dos dados deste trabalho, o trator utilizado como referência e seus dados de custo foram coletados junto a empresas de máquinas agrícolas responsáveis por sua marca e modelo, como também por valores repassados por produtores rurais e outros empresários do ramo. Seu preço médio de mercado para critérios de cálculo foi de R\$ 80.000,00. Quanto aos equipamentos topográficos, seguindo os mesmos métodos, a média de preços calculada foi de R\$ 45.000,00 para aquisição. Esses são valores de custo fixo único para quem os adquire, isto é, o custo inicial é maior no início do processo, visto que na sequência de safras trabalhadas, os custos dos mesmos vão se diluindo.

Ainda dentro do método convencional, os custos de manutenção, mão-de-obra, combustível, depreciação de máquinas e equipamentos, como também os custos anuais de juros, ao contrário dos citados anteriormente, não se diluem com o passar das safras, mas possuem a tendência de variação crescente com o passar das safras, o que os leva a um aumento linear de custos de produção.

O levantamento do custo para o serviço via VANT foi o de mais simples obtenção. Realizou-se o contato com uma empresa especializada no serviço, a qual relatou um preço de R\$ 85,00 por hectares realizados na região. Este, por ser um valor de custo fixo único, visto que existe a necessidade neste caso de apenas um levantamento topográfico para a área, dependendo do manejo do produtor em questão, sem que haja necessidade de um novo levantamento das curvas de nível para a construção das taipas para a lavoura de arroz. Isso pode fazer com que custe tempo, dinheiro e oportunidade ao produtor rural. Após cálculo dos custos, fez-se a comparação.

Para dimensionar a necessidade de máquinas agrícolas, equipamentos e mão-de-obra qualificada designados para cada uma das áreas de análise, foi questionado junto aos produtores e empresas de prestação de serviços as unidades ideais por extensão de área para que o processo seja viabilizado de forma eficaz, como dentro

de uma margem de tempo considerada para que não ocorra o atraso nos processos posteriores. Esse levantamento resultou em um trator do modelo citado, um equipamento nível *laser* junto a seus acessórios necessários, bem como um colaborador capacitado para o processo, a cada 1.000 hectares de extensão de área, ao menos.

Portanto para a extensão de 200 hectares, foram considerados um trator, um equipamento nível *laser* e seus acessórios e um colaborador capacitado. O mesmo dimensionamento foi considerado para a área de 1.000 hectares. Já para a área de 5.000 hectares, em proporção ao mencionado, foram consideradas as necessidades de 5 tratores, 5 equipamentos nível *laser* e seus acessórios, bem como 5 colaboradores capacitados para o processo, conforme apresentados nos Quadros 2, 3 e 4., respectivamente.

**Quadro 2-** Descrição da transformação de custos obtidos para 200 hectares: método convencional x serviço com VANTs

<b>200 hectares</b>		
<b>Convencional</b>	<b>Custo total</b>	<b>Custo por hectare</b>
Trator (1)	R\$ 80.000,00/safra	Total/200 = R\$ 400,00/safra
Nível <i>Laser</i> + acessórios (1)	R\$ 45.000,00/safra	Total/200 = R\$ 225,00/safra
Manutenção	R\$ 4.820,93/safra	Total/200 = R\$ 24,10/safra
Mão de obra (1)	R\$ 2.812,21/safra	Total/200 = R\$ 14,06/safra
Combustível	R\$ 3.074,38/safra	Total/200 = R\$ 15,40/safra
Depreciação e juros totais anuais	R\$ 10.522,75/safra	Total/200 = R\$ 52,61/safra
<b>VANT</b>	<b>Custo total</b>	<b>Custo por hectare</b>
Serviço terceirizado	R\$ 17.000/safra	R\$ 85,00/safra

FONTE: Autor (2023).

**Quadro 3-** Descrição da transformação de custos obtidos para 1.000 hectares: método convencional x serviço com VANTs

<b>1.000 hectares</b>		
<b>Convencional</b>	<b>Custo total</b>	<b>Custo por hectare</b>
Trator (1)	R\$ 80.000,00/safra	Total/1.000 = R\$ 80,00/safra
Nível <i>Laser</i> + acessórios (1)	R\$ 45.000,00/safra	Total/1.000 = R\$ 45,00/safra
Manutenção	R\$ 24.104,64/safra	Total/1.000 = R\$ 24,10/safra
Mão de obra (1)	R\$ 14.063,20/safra	Total/1.000 = R\$ 14,06/safra
Combustível	R\$ 15.400,80/safra	Total/1.000 = R\$ 15,40/safra
Depreciação e juros totais anuais	R\$ 10.522,75/safra	Total/1.000 = R\$ 10,52/safra
<b>VANT</b>	<b>Custo total</b>	<b>Custo por hectare</b>
Serviço terceirizado	R\$ 85.000/safra	R\$ 85,00/safra

FONTE: Autor (2023).

**Quadro 4-** Descrição da transformação de custos obtidos para 5.000 hectares: método convencional x serviço com VANTs

<b>5.000 hectares</b>		
<b>Convencional</b>	<b>Custo total</b>	<b>Custo por hectare</b>
Trator (5)	R\$ 400.000,00/safra	Total/5.000 = R\$ 80,00/safra
Nível <i>Laser</i> + acessórios (5)	R\$ 225.000,00/safra	Total/5.000 = R\$ 45,00/safra
Manutenção	R\$ 120.523,20/safra	Total/5.000 = R\$ 24,10/safra
Mão de obra (5)	R\$ 70.316,00/safra	Total/5.000 = R\$ 14,06/safra

Combustível	R\$ 77.004,00/safra	Total/5.000 = R\$ 15,40/safra
Depreciação e juros totais anuais	R\$ 52.613,75/safra	Total/5.000 = R\$ 10,52/safra
<b>VANT</b>	<b>Custo total</b>	<b>Custo por hectare</b>
Serviço terceirizado	R\$ 425.000/safra	R\$ 85,00/safra

FONTE: Autor (2023).

Em continuação, buscou-se nesta pesquisa também a realização adicional da viabilização da compra de um equipamento de piloto automático, visto que os dados coletados e obtidos por meio do método terceirizado com o serviço de VANTs, necessita deste equipamento para que o arquivo possa ser utilizado pelo produtor, com a leitura sendo feita pelo mesmo através de transpasse dos dados topográficos de curva de nível da área para a construção de taipas na lavoura de arroz irrigado, para o equipamento.

A explicação para a não inclusão deste custo no cálculo principal do trabalho, é de que este equipamento em questão não é utilizado no processo alvo da comparação, que é o processo de demarcação de curvas de nível, sendo o mesmo utilizado em um processo posterior, que é o de construção das taipas. Desta forma, torna-se injusta a inclusão na comparação principal, visto que para isso seria necessário o levantamento de dados adicionais como, por exemplo, de custo benefício do equipamento para outras atividades, como também do custo oportunidade e tecnológico do piloto automático em comparação ao equipamento convencional de nível *laser*, o que não é o foco deste em questão.

Com base no levantamento feito a campo, existe uma grande quantidade de produtores e empresários que possuem o equipamento de piloto automático em sua propriedade que, no entanto, não utilizam e desfrutam de todos os seus benefícios e utilidades, estando este ocioso dentro do negócio e podendo ser mais bem utilizado com novas tecnologias e processos.

Todavia, considera-se o fato de que nem todos os produtores rurais possuem o equipamento do piloto automático para a leitura dos dados do arquivo levantados via VANTs. Por isso, também se faz uma análise adicional da viabilidade de compra

do equipamento para que produtores possam usufruir do método citado. Considerou-se o preço médio do piloto automático e seus acessórios necessários com base no levantamento de preços feito junto a três empresas do ramo que o fornecem, computando o preço de R\$ 94.488,27 por piloto automático.

Por fim, a presente pesquisa foi desenvolvida com o auxílio dos *softwares Excel* da *Microsoft Office*<sup>™</sup> e *RStudio*<sup>™</sup>, em linguagem *R*<sup>™</sup>, para análises de custo e tabulação de dados, como também do *software PowerBI*, desenvolvido pela *Microsoft*<sup>™</sup>, diretamente relacionados a criação de gráficos dinâmicos, onde se faz a melhor visualização da comparação de custos e viabilidade entre os métodos

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Resultados para a área de 200 hectares

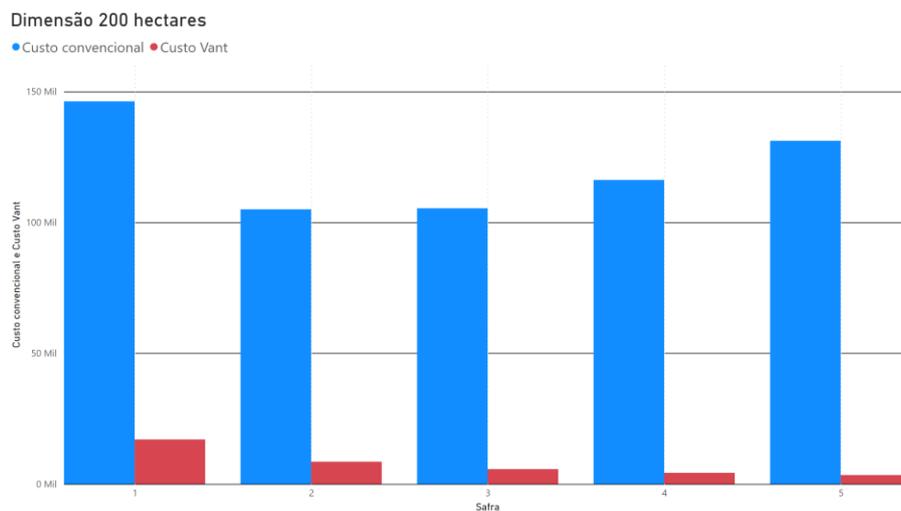
**Tabela 1-** Descrição dos resultados obtidos para 200 hectares: método convencional x serviço com VANTs

Área de 200 hectares				
Safra	Custo por hectare (R\$)		Custo total (R\$)	
	Convencional	VANT	Convencional	VANT
1	731,15	85,00	146.230,27	17.000,00
2	524,80	42,50	104.960,54	8.500,00
3	526,79	28,33	105.357,48	5.666,66
4	580,85	21,25	116.171,08	4.250,00
5	655,76	17,00	131.151,35	3.400,00

FONTE: Autor (2023).

Com a demonstração dos resultados de forma numérica via Tabela 1 acima, tem-se a base de dados para a construção dos gráficos a seguir, onde se demonstra de forma dinâmica a visualização dos mesmos para a dimensão de 200 hectares em relação aos períodos de uma a cinco safras.

**Figura 3 -** Dimensão 200 hectares: método convencional x serviço com VANTs



FONTE: Autor (2023).

Conforme a Figura 3, pode-se aferir uma tendência de aumento nos custos variáveis, visto o acúmulo do mesmo ao longo dos anos para a área em questão. Também se nota uma tendência de diminuição, ou seja, uma diluição do custo ao longo das safras, com base na averiguação referente aos custos fixos relacionados à pesquisa, ou seja, o custo fixo vai sendo diluído para uma quantidade maior de produção.

Portanto, os custos fixos decorrentes da compra de equipamentos em maquinários necessários para o método convencional, bem como o investimento necessário inicial para a terceirização do serviço via VANT, possuem um maior peso inicial na primeira safra e, conforme o passar dos anos, esse valor vai se diluindo. Já quanto aos custos variáveis, como depreciação, juros, manutenção, mão-de-obra, dentre outros custos que se acumulam ao longo das safras, percebe-se que os mesmos contribuem para essa tendência de crescimento linear de custos com o passar dos anos.

Portanto, conforme exposto na Tabela 6, são consideradas as reduções de custos totais, em unidades monetárias e em porcentagem, entre os métodos para cada uma das cinco safras, além do custo da diferença transformado para sacas de arroz, bem como para sacas de 50kg de arroz por hectare da demonstração.

**Tabela 2** - Resultados de redução de custos utilizando o serviço de terceirização via VANTs para 200 hectares

Safra	Redução (R\$)	Redução (%)	Sacas totais	Sacas/ha
1	129.230,27	88,37	1.615,38	8,08
2	96.460,54	91,90	1.205,76	6,03
3	99.690,82	94,62	1.246,14	6,23
4	111.921,08	96,34	1.399,01	7,00
5	127.751,35	97,41	1.596,89	7,98

FONTE: Autor (2023).

Com a demonstração dos valores na Tabela 2, também se confirma a grande redução de custos do método via VANT quando comparado ao método convencional.

Nota-se que essa diferença é maior no início para esta área, visto que os custos fixos da compra do trator e do equipamento topográfico possuem maior impacto na primeira safra e, conforme a sequência das mesmas, tende a diluir.

No entanto, percebe-se que com o aumento da quantidade de safras, os custos variáveis também impactam de forma mais relevante no custo total, fazendo com que essa curva volte a se acentuar para o crescimento, o que não acontece no método via serviço com VANT, visto que esse é um custo fixo de investimento de maior impacto na primeira safra, já que por este método obtém-se o arquivo das curvas de nível para a área de forma perene, não sendo necessário refazê-lo por período indeterminado.

A redução de custos na quinta safra chega a ser de R\$ 127.751,35 para a dimensão de área de 200 hectares e essa evidência pode ser mais bem avaliada na unidade de porcentagem, onde tem-se uma crescente linear mais evidente, chegando na quinta safra a mais de 97% de redução de custos.

Transformando esses dados para sacas de arroz por hectare, tem-se a quantidade de 1.596,89 sacas totais, a qual dividida pela produtividade média de arroz de 7.056 quilogramas por hectare (CONAB, 2023), ou então de 141,12 sacas por hectare, onde o valor de sacas economizados entre os métodos dividido pelo da produtividade média em sacas/ha, se retorna para teores interpretativos a uma quantidade fictícia e ilustrativa de 11,32 hectares de produção de arroz para grãos, resulta em ganho econômico com a redução de custos ao longo das cinco safras para a dimensão de 200 hectares.

## 4.2 Resultados para a área de 1.000 hectares

**Tabela 3-** Descrição dos resultados obtidos para 1.000 hectares: método convencional x serviço com VANTs

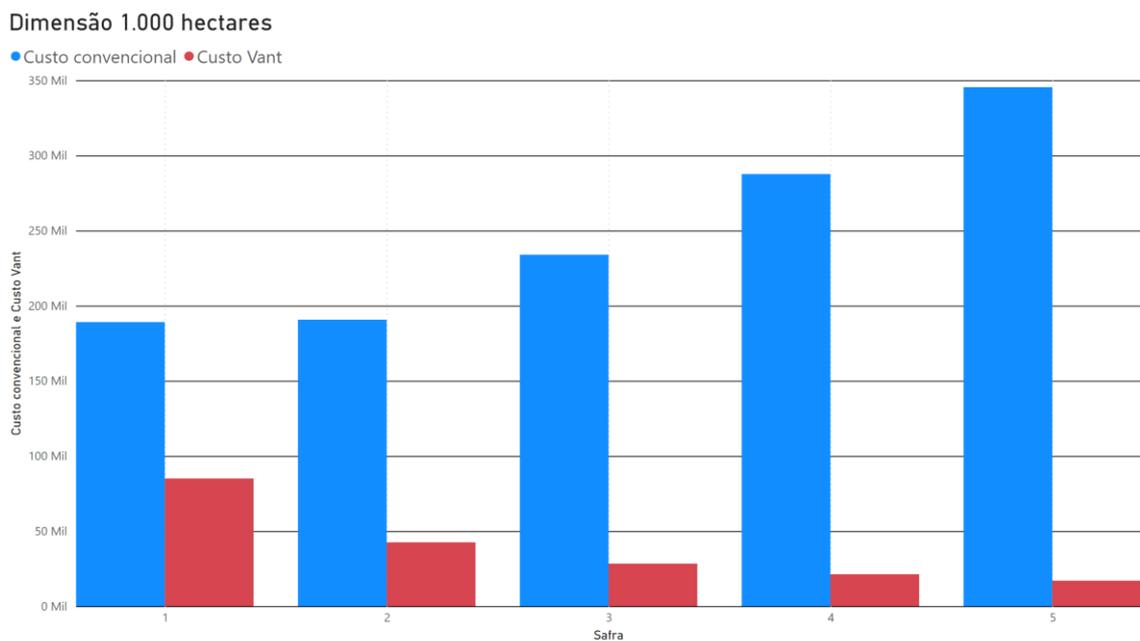
Dimensão de 1.000 hectares				
Safra	Custo por hectare (R\$)		Custo total (R\$)	
	Convencional	VANT	Convencional	VANT
1	189,09	85,00	189.091,39	85.000,00
2	190,68	42,50	190.682,78	42.500,00

3	233,94	28,33	233.940,84	28.333,33
4	287,61	21,25	287.615,56	21.250,00
5	345,46	17,00	345.456,95	17.000,00

FONTE: Autor (2023).

Com a demonstração dos resultados de forma numérica via Tabela 3, tem-se a base de dados para a construção dos gráficos a seguir (Figura 4), onde se demonstra de forma dinâmica a visualização dos mesmos para a dimensão de 200 hectares em relação ao período de uma a cinco safras.

**Figura 4 - Dimensão 1.000 hectares: método convencional x serviço com VANTs**



FONTE: Autor (2023).

Como também visualizado na análise anterior quanto a dimensão de 200 hectares, nesta análise quanto a área proporcional a dimensão de 1.000 hectares, vê-se de forma ainda mais acentuada a variação de custos comparativos entre ambos os métodos. Destaca-se a tendencia crescente quanto ao aumento da diferença proporcional à diluição dos custos fixos e acúmulo dos custos variáveis.

Por conseguinte, se mostra a mesma visualização e proposta para interpretação como feita na análise anterior, onde serão consideradas as reduções de

custos totais em reais entre os métodos para cada uma das cinco safras, a porcentagem desta redução, o valor da diferença transformado para sacas de arroz, como também para sacas de arroz por hectare da demonstração.

**Tabela 4-** Resultados de redução de custos utilizando o serviço de terceirização via VANTs para 1.000 hectares

Safra	Redução (R\$)	Redução (%)	Sacas totais	Sacas/ha
1	104.091,39	55,05	1.301,14	1,30
2	148.182,78	77,71	1.852,28	1,85
3	205.607,51	87,89	2.570,09	2,57
4	266.365,56	92,61	3.329,57	3,33
5	328.456,95	95,08	4.105,71	4,11

FONTE: Autor (2023).

Nesta análise dimensional de 1.000 hectares nota-se de forma ainda mais acentuada a redução linear crescente de custos entre as cinco safras quanto ao custo via serviço de VANT comparado ao custo de serviço convencional, o que pode ser visualizado na Tabela 4. A redução de custos na quinta safra, chega a R\$ 328.456,95 de economia para a área de análise e essa evidência pode ser melhor avaliada na unidade de porcentagem, onde tem-se uma crescente linear mais evidente, chegando na quinta safra a mais de 95% de redução.

Transformando esses dados para sacas de arroz por hectares, tem-se o valor de 4.105,71 sacas totais, o qual dividido pela produtividade média de arroz de 7.056 kg/ha (CONAB, 2023), ou então, de 141,12 sacas por hectare, onde o valor de sacas economizados entre os métodos, dividido pelo da produtividade média em sacas/ha, se retorna, para teores interpretativos, uma quantidade fictícia e ilustrativa de 29,09 hectares de produção de arroz para grãos, como ganho econômico com a redução de custos ao longo das cinco safras para a dimensão de 1.000 hectares.

Vale ressaltar que para a dimensão de 1.000 hectares é onde os equipamentos necessários para o método convencional estão mais bem dimensionados, sendo melhor utilizados, do que quando comparados a dimensão de 200 hectares, visto que nesta última, o trator e equipamentos topográficos poderiam ser melhores utilizados e

dimensionados se no caso trabalhassem em uma área de maior extensão. Portanto, nesta dimensão de 1.000 hectares é onde a diferença de custos entre os métodos tende a ser menor, visto a explicação de que equipamentos e máquinas estariam mais bem dimensionados, pelo fato dos dados levantados de que seriam necessários um trator e um equipamento topográfico a cada 1.000 hectares.

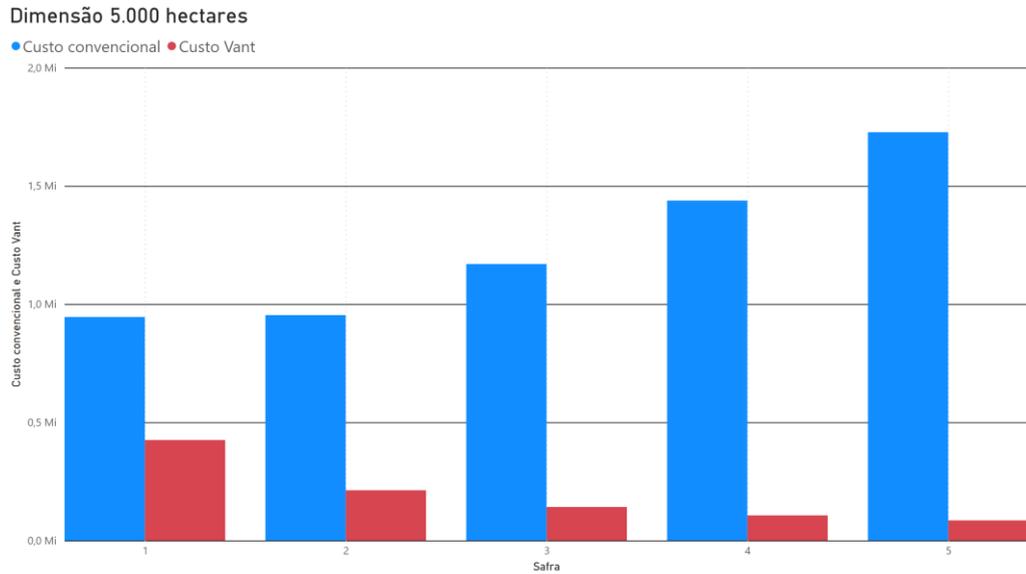
### 4.3 Resultados para a área de 5.000 hectares

**Tabela 5-** Descrição dos resultados obtidos para 5.000 hectares: método convencional x serviço com VANTs

Dimensão de 5.000 hectares				
Safras	Custo por hectare (R\$)		Custo total (R\$)	
	Convencional	VANT	Convencional	VANT
1	189,09	85,00	945.456,95	425.000,00
2	190,68	42,50	953.413,90	212.500,00
3	233,94	28,33	1.169.704,18	141.666,67
4	287,61	21,25	1.438.077,80	106.250,00
5	345,46	17,00	1.727.284,75	85.000,00

FONTE: Autor (2023).

Com a demonstração dos resultados de forma numérica conforme disposto na Tabela 5, tem-se a base de dados para a construção dos gráficos a seguir (Figura 5), onde se demonstra de forma dinâmica a visualização dos mesmos para a dimensão de 5.000 hectares em relação ao espaço de tempo de uma a cinco safras.

**Figura 5-** Dimensão 5.000 hectares: método convencional x serviço com VANTs

FONTE: Autor (2023).

Como também visualizado nas análises anteriores quanto às dimensões de 200 hectares e 1.000 hectares, nesta análise quanto a área proporcional à dimensão de 5.000 hectares, nota-se de forma ainda mais clara a variação de custos comparativos entre ambos os métodos.

Por conseguinte, se mostra a mesma visualização e proposta para interpretação, como feita nas análises anteriores, onde serão consideradas as reduções de custos (R\$) totais entre os métodos para cada uma das cinco safras, porcentagem desta redução, valor da diferença transformado para sacas de arroz, como também para sacas de arroz por hectare da demonstração.

**Tabela 6-** Resultados de redução de custos utilizando o serviço de terceirização via VANTs para 5.000 hectares

Safra	Redução (R\$)	Redução (%)	Sacas totais	Sacas/ha
1	520.456,95	55,05	6.505,71	1,30
2	740.913,90	77,71	9.261,42	1,85
3	1.028.037,51	87,89	12.850,47	2,57
4	1.331.827,80	92,61	16.647,85	3,33
5	1.642.284,75	95,08	20.528,56	4,11

FONTE: Autor (2023).

Nesta análise dimensional de 5.000 hectares, nota-se de forma mais acentuada que nas outras duas análises anteriores a redução linear crescente de custos entre as cinco safras quanto ao custo via serviço de VANT comparado ao custo de serviço convencional (Tabela 6).

A redução de custos na quinta safra é de R\$ 1.642.284,75 para a dimensão de área de 5.000 hectares. Essa evidência pode ser melhor avaliada na unidade de porcentagem, onde tem-se uma crescente linear mais evidente, chegando na quinta safra com mais de 95% de redução, demonstrando economia real para as empresas rurais.

Transformando esses dados para sacas de arroz por hectares, tem-se 20.528,56 sacas totais, o qual dividido pela produtividade média de arroz de 7.056 kg/ha (CONAB, 2023), ou então, de 141,12 sacas por hectare, onde o valor de sacas economizados entre os métodos, dividido pelo da produtividade média em sacas/ha, se retorna, para teores interpretativos, uma quantidade fictícia e ilustrativa de 145,47 hectares de produção de arroz para grãos, como ganho econômico com a redução de custos ao longo das cinco safras para a dimensão de 5.000 hectares.

Vale ressaltar que para a dimensão de 5.000 hectares os equipamentos necessários para o método convencional estão melhores dimensionados, sendo mais bem utilizados quando comparados com a área de 200 hectares, visto que nesta última o trator e os equipamentos topográficos poderiam ser melhores utilizados e dimensionados se no caso trabalhassem em uma área de maior extensão, configurando uma subutilização do maquinário.

Portanto, na área de 5.000 hectares é onde a diferença de custos entre os métodos tende a ser menor, visto a explicação de que equipamentos e máquinas estariam mais bem dimensionados pelo fato dos dados levantados de que seriam necessários um trator e um equipamento topográfico a cada 1.000 hectares.

Também vale ressaltar que esta é a dimensão mais abrangente levado em consideração nesta comparação de custos, com isso os dados e resultados contidos nela conseqüentemente serão mais expressivos de serem visualizados entre as análises feitas nesta pesquisa.

#### 4.4 Resultados gerais

Para dar início ao tópico de abordagem geral dos resultados, optou-se por primeiramente trazer a tabela dos dados totais e gerais referente à pesquisa feita, junto aos cálculos e comparações finais quanto aos custos do método convencional e do método por serviço com VANT, cada um designado para as dimensões de 200 hectares, 1.000 hectares e 5.000 hectares para as quantidades de uma a cinco safras.

Sendo assim, após a visualização da tabela com os dados gerais e totais (Tabela 11), vê-se a comparação da abordagem geral via gráficos variados, visando o melhor entendimento, interpretação e compreensão dos mesmos.

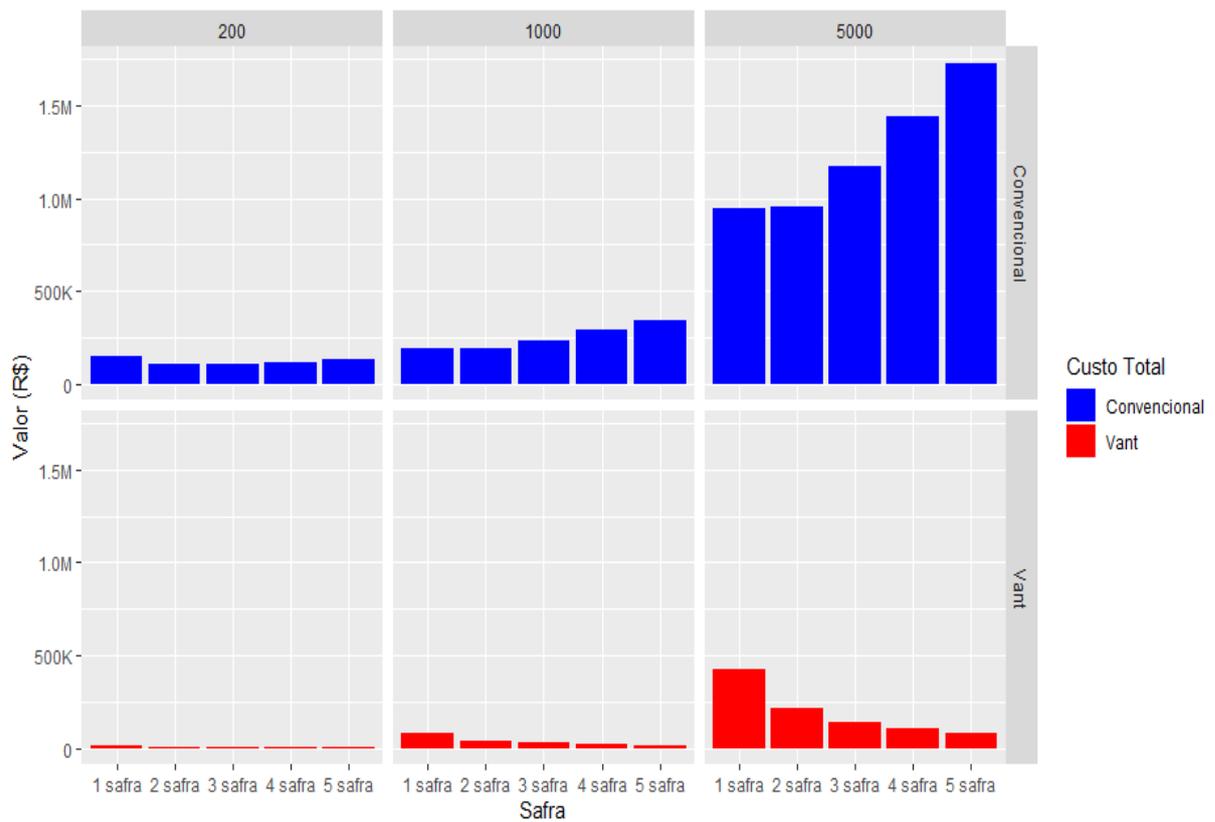
**Tabela 7** - Abordagem geral dos resultados: método convencional x serviço com VANTs

Área (ha)	Safra	Custo convencional (R\$)	Custo VANT (R\$)
200	1	146.230,27	17.000,00
200	2	104.960,54	8.500,00
200	3	105.357,48	5.666,66
200	4	116.171,08	4.250,00
200	5	131.151,35	3.400,00
1.000	1	189.091,39	85.000,00
1.000	2	190.682,78	42.500,00
1.000	3	233.940,84	28.333,33
1.000	4	287.615,56	21.250,00
1.000	5	345.456,95	17.000,00
5.000	1	945.456,95	425.000,00
5.000	2	953.413,90	212.500,00
5.000	3	1.169.704,18	141.666,67
5.000	4	1.438.077,80	106.250,00
5.000	5	1.727.284,75	85.000,00

FONTE: Autor (2023).

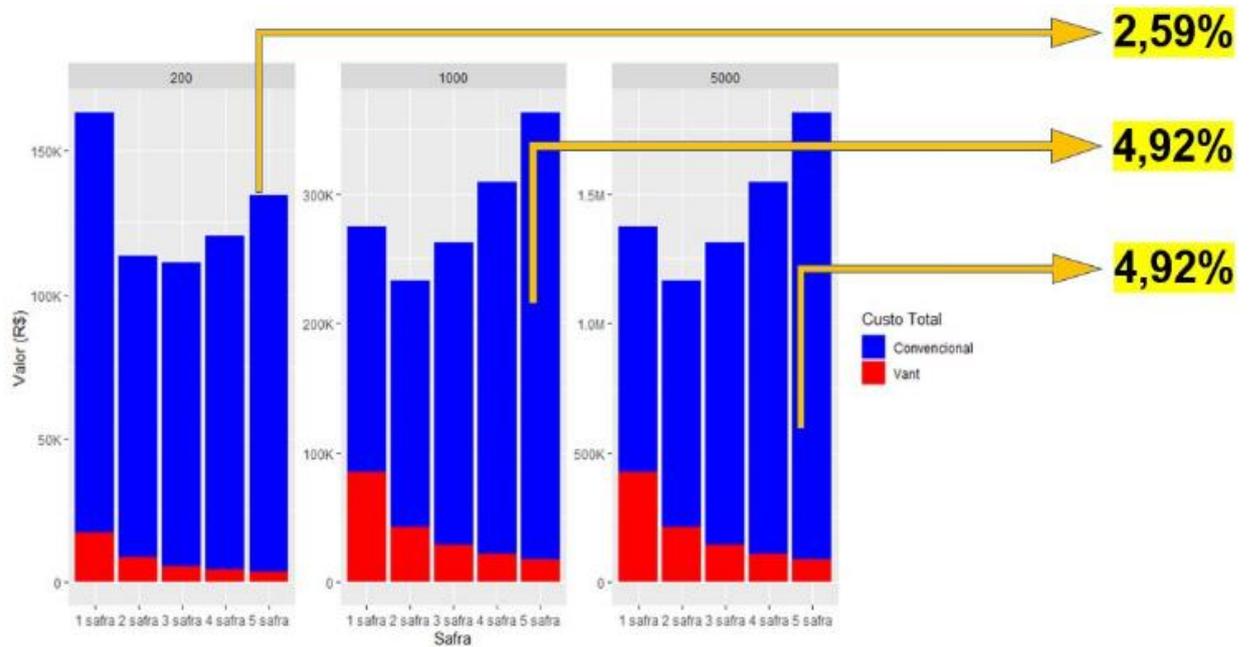
Em sequência, face aos dados expostos na tabela acima, se encontram os gráficos construídos com base nos mesmos, visando o seu dinamismo e visualização dos resultados, expressos nas Figuras 6 e 7. Os valores estão expressos em mil reais (k) e em milhões (M).

**Figura 6-** Comparação geral entre áreas: método convencional x serviço com VANTs



FONTE: Autor (2023).

**Figura 7-** Comparação geral entre dimensões em conjunto: método convencional x serviço com VANTs

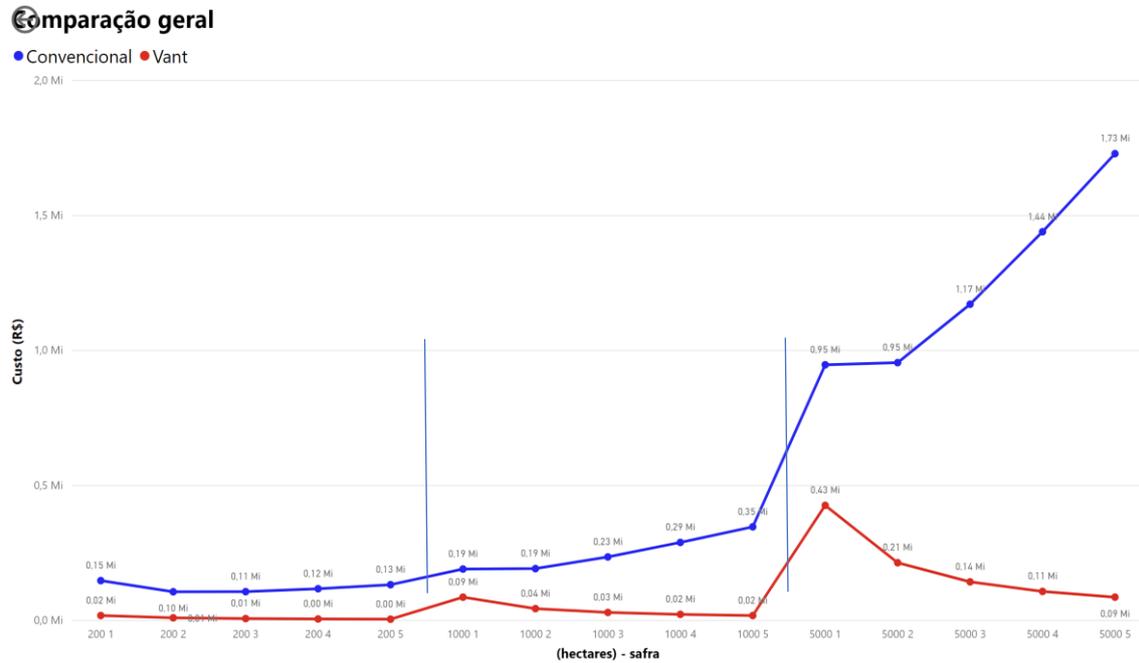


FONTE: Autor (2023).

Nos gráficos acima (Figuras 6 e 7), gerados em linguagem *R*, encontram-se respectivamente os dados analisados primeiramente com gráficos de barras em separado para cada uma das variáveis dimensionais e por safra, como também para cada um dos custos de ambos os métodos.

Na sequência, encontra-se um gráfico, no entanto, clusterizados em combinação, comparando em conjunto os dados de custo de ambos os métodos, visando uma diferenciação na forma de enxergar os resultados. De maneira geral quanto aos gráficos, nota-se um agravante crescente linear quanto aos custos pelo método convencional, conforme o aumento de dimensão, como também na sequência de safras. Por outro lado, no método via VANT, tem-se uma tendência de diluição de custos no avançar das safras, tendo assim um preço inicial para a primeira safra de cada uma das dimensões de área mais significativo que, no entanto se dilui com o tempo pelo fato de se ter apenas o investimento inicial.

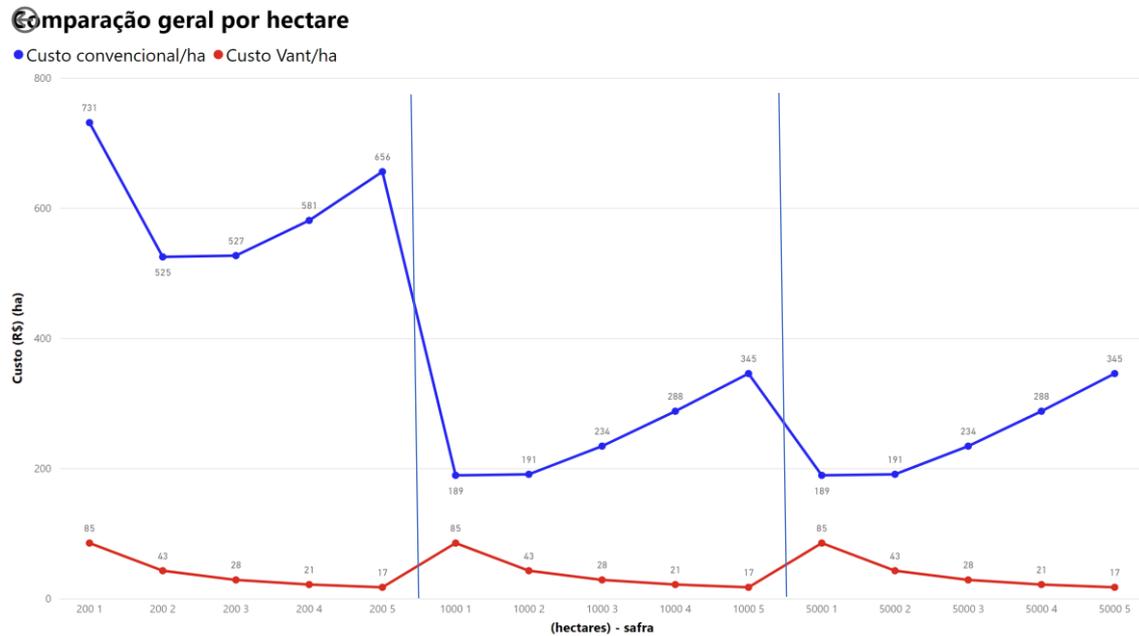
**Figura 8-** Comparação geral linear: método convencional x serviço com VANTs



FONTE: Autor (2023).

No exposto na Figura 8 acima, é levado em consideração a comparação entre o custo de ambos os métodos para as 3 dimensões e sua sequência de safras, sendo construído uma comparação inteiramente linear. Vê-se, novamente, a forte tendência de diferenciação entre os custos conforme o aumento das dimensões, como também o avanço das safras ou anos, sendo este ainda mais explícito quando observado referente a área de dimensão de 5.000 hectares.

**Figura 9 - Comparação geral linear (por hectare): método convencional x serviço com VANTs**



FONTE: Autor (2023).

Na Figura 9 acima, faz-se a mesma comparação linear geral do anterior, só que com a modificação dos custos demonstrados, não em custo total, mas sim em custo por hectare para cada uma das três dimensões, como também para cada uma de suas cinco safras sequenciais consideradas.

Ressalta-se a maior diferenciação em custo por hectare, como já descrito anteriormente, para a dimensão de 200 hectares, visto que nesta os equipamentos necessários para o método convencional poder ser realizado estão operando com capacidade ociosa.

Para as dimensões de 1.000 hectares e 5.000 hectares, respectivamente, nota-se uma manutenção do custo por hectare do método convencional, visto que para essas dimensões os equipamentos estão dimensionados conforme o ideal levantado via pesquisa a campo. Para o custo por hectare do método via VANT, os valores por hectare se mantêm os mesmos entre as 3 dimensões de área, visto ser um preço fixo por hectare de serviço terceirizado, modificando-se apenas entre as safras, por motivos da diluição do custo fixo.

A seguir, são apresentados dados referentes aos índices de redução de custos gerais abordados nos tópicos anteriores referentes a cada uma das dimensões ao final da quinta safra considerada. Índice de redução este considerado quanto ao custo do método via VANT, quando comparado ao método convencional, onde são abordados os seguintes quesitos: redução de custo total, redução de custo total em porcentagem, redução de custo total em sacas de arroz, redução de custo em sacas de arroz por hectare.

**Tabela 8-** Índices de redução de custos gerais

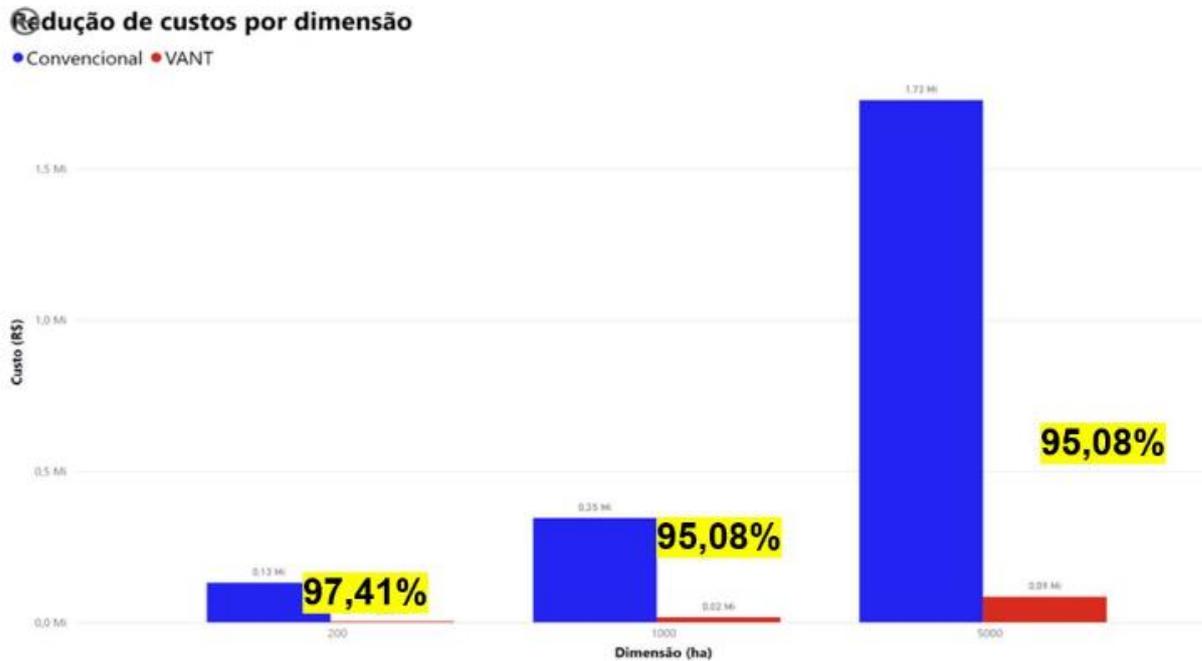
Dimensão (ha)	Redução (R\$)	Redução (%)	Sacas totais	Sacas/ha
200	127.751,35	97,41	1.596,89	7,98
1.000	328.456,95	95,08	4.105,71	4,11
5.000	1.642.284,75	95,08	20.528,56	4,11

FONTE: Autor (2023).

Conforme a Tabela 8 descrita acima, nota-se uma redução de custos de grande expressividade, possuindo em todas as dimensões uma redução de mais de 95% do método convencional para o método via VANT. Redução esta que quando fazendo a correlação de sacas totais pela produtividade média de arroz por hectare, a qual foi abordada nos tópicos anteriores, vincula-se a seguinte relação de dimensões de produção de arroz para grãos, por hectare, de forma fictícia, para ilustrar o “ganho” obtido pela redução de custos ao final da quinta safra nas três dimensões de área:

- 200 hectares: “ganho” de **11,32 hectares** de produção de arroz para grãos, quando feito o serviço via VANT.
- 1.000 hectares: “ganho” de **29,09 hectares** de produção de arroz para grãos, quando feito o serviço via VANT.
- 5.000 hectares: “ganho” de **145,47 hectares** de produção de arroz para grãos, quando feito o serviço via VANT.

**Figura 10- Índices de redução de custos gerais**



FONTE: Autor (2023).

Acima encontra-se graficamente a Figura 10, demonstrando a comparação da redução de custos totais entre ambos os métodos para as três diferentes dimensões de área consideradas. Ressalta-se novamente a expressividade, agora ilustrada, quanto a diferença obtida entre os valores de ambos os métodos, com enfoque na redução de custos obtidos pelos dados de custo via serviço com VANT, em relação ao convencional.

Levando em consideração toda a pesquisa abordada neste trabalho, discute-se também parâmetros técnicos entre os métodos, onde considera-se a viabilidade do serviço via VANT, pelo fato do mesmo não ter a necessidade de mão-de-obra, trazendo segurança e rapidez para o processo. Outra justificativa da escolha da terceirização é o fato do mesmo ser feito via contratação da empresa de terceirização do processo, então o produtor rural se encontra com uma determinada descentralização de processos com a possibilidade de otimizá-los, possuindo neste, além de uma economia em dinheiro, também uma economia em tempo, onde estrategicamente poderá usufruir do mesmo para se dedicar a outros processos da atividade.

Tendo isso em vista, também se aborda o fato do custo de oportunidade, no qual considera-se o fato de que esse dinheiro, o qual, pela presente pesquisa se economizaria, poderia ser investido em outros parâmetros e aspectos da empresa em questão visto que o processo do levantamento via VANT não precisará ser refeito. Obtém-se, dessa forma, uma viabilidade temporal para as próximas safras, visto que com o arquivamento das curvas de nível nas etapas do preparo de solo para as áreas de lavoura de arroz irrigado não haverá necessidade de refazer esse levantamento, podendo o processo ir diretamente para a etapa de construção das taipas em decorrência do armazenamento de dados.

Genilhu (2021), também evidencia e traz observações referentes a facilitação, segurança, custo de tempo e rentabilidade dos VANTs na agricultura. O ressalve em questão se solidifica pela argumentação de Coelho e Silva (2009), que também fomentam a viabilidade operacional da utilização de *drones*, como também as vantagens do investimento na tecnologia, visto que já citavam suas tendências futuras.

Desta forma destaca-se a observação da necessidade de tecnificação e investimento em novas tecnologias por parte dos produtores, visto que empresários que não investem em seu negócio tendem a ficar parados no tempo. Portanto, investir em novas tecnologias de acordo com o avanço das mesmas vem a trazer inúmeros benefícios a um negócio agrícola, evidenciando-se assim o fato de que um agropecuarista, de forma geral, precisa investir de forma inteligente, ter organização específica quanto a seus dados de receita, custo de produção e lucro, estar sempre em conjunto ao andamento e análises de mercado externo a seu negócio, como também de forma interna o mesmo, para que assim seu empreendimento seja próspero.

Os dados levantados corroboram com os de Beras (2014), o qual fomentou e detalhou em sua dissertação a necessidade de investimento inteligente em tecnologias inovadoras para redução de custos, sendo neste caso para a viabilidade econômica quanto a semeadura de soja com taxa variável de fertilizante na linha.

Hott *et al.* (2021) também cita a necessidade de tecnificação dos processos visando um empreendimento próspero, assim como também se detalha em Massruhá e Leite (2017). Longhitano (2010) também visualizava a projeção de mercado e

solidificação dos VANTs, visto seu avançado nível tecnológico, redução de custos, e a não necessidade de mão-de-obra.

Neste trabalho, não se optou por comparar também o custo de investimento de um VANT próprio para o processo, visto que a compra do mesmo, para que valha a pena seu investimento, necessita serem dimensionados e também demandados para áreas de empreendimentos onde serão bem utilizados, visto que a compra de um VANT específico apenas para a realização de um processo como o de levantamento de curvas de nível, possivelmente não valerá a pena visto o custo de mercado, necessidade de mão-de-obra qualificada, como também de bom entendimento de *softwares* computacionais para poder ser utilizado pelo próprio produtor.

Também se ressalta o fato de que o uso de VANTs, caso adquiridos pelos produtores, seria feito apenas uma vez por área, por tempo indeterminado, fazendo com que o VANT em questão corra o risco de ficar ocioso por período indeterminado, caso não utilizado para demais processos. Sendo assim observou-se que, para a pesquisa em questão, seria válido avaliar a contratação, via empresa especializada nesse processo de levantamento topográfico via VANT, para que se avaliasse a redução de custos que possivelmente se obteria quando relacionado ao método convencional de levantamento de curvas de nível.

Faz-se assim o ressalve para o desenvolvimento de pesquisas futuras quanto à área de tecnificação do ambiente agrícola, visto que tais tendências e facilitações de mercado estão entrando cada vez de forma mais expressiva no âmbito, no qual as possibilidades são inúmeras, não se detendo apenas a área de Veículos Aéreos Não Tripulados, como também a agricultura digital e seu avanço em geral.

#### **4.5 Comparação adicional: método convencional x serviço terceirizado via VANTs + piloto automático**

Neste tópico de comparação adicional, aborda-se de forma breve, o método convencional quanto ao serviço via VANT utilizado juntamente à obtenção do equipamento de piloto automático necessário para o processo posterior de levantamento das curvas de nível, que é o de construção das taipas na lavoura de arroz irrigado, sendo que para a leitura dos dados do arquivo obtido via serviço de

VANT e construção das taipas nas curvas de nível aferida pelo mesmo, faz-se necessário o equipamento em questão.

Considera-se o fato de que essa comparação não foi contida na comparação principal pois é um equipamento que se enquadra em um processo posterior, e não no processo do levantamento topográfico. Ressalva-se que existe uma grande gama de produtores que possuem tal tecnologia que estão ociosas e não utilizadas em seu potencial máximo dentro do respectivo negócio agrícola. No entanto, por motivos de que nem todo produtor possui um piloto automático, viu-se importante adicionar esta comparação.

**Tabela 9** - Viabilidade de obtenção do piloto automático do método via VANT em relação ao método convencional

Dimensão (ha)	Redução custos (R\$)	Equipamentos possíveis
200	127.751,35	2,07
1.000	328.456,95	5,33
5.000	1.642.284,75	26,64

FONTE: Autor (2023).

Para análise da obtenção do equipamento de piloto automático, se optou por fazer a análise entre a redução total de custos obtidas ao final da quinta safra para cada uma das dimensões consideradas e o preço médio levantado pela pesquisa, necessário para a compra do piloto automático. Dividindo o montante de redução de custos obtida pelo preço de compra do piloto automático, obtém-se a quantidade em unidades de equipamentos possíveis para se comprar, onde se obteria um retorno (*Payback*) para tal até a última safra considerada. O preço médio para a obtenção do piloto automático considerado, foi de R\$ 94.488,27.

Por conseguinte, foi feita uma nova tabela de comparação entre os custos de ambos os métodos, só que com a modificação do adicional dos custos de obtenção

do piloto automático, sendo eles valor de mercado, depreciação e juros anuais quanto ao equipamento.

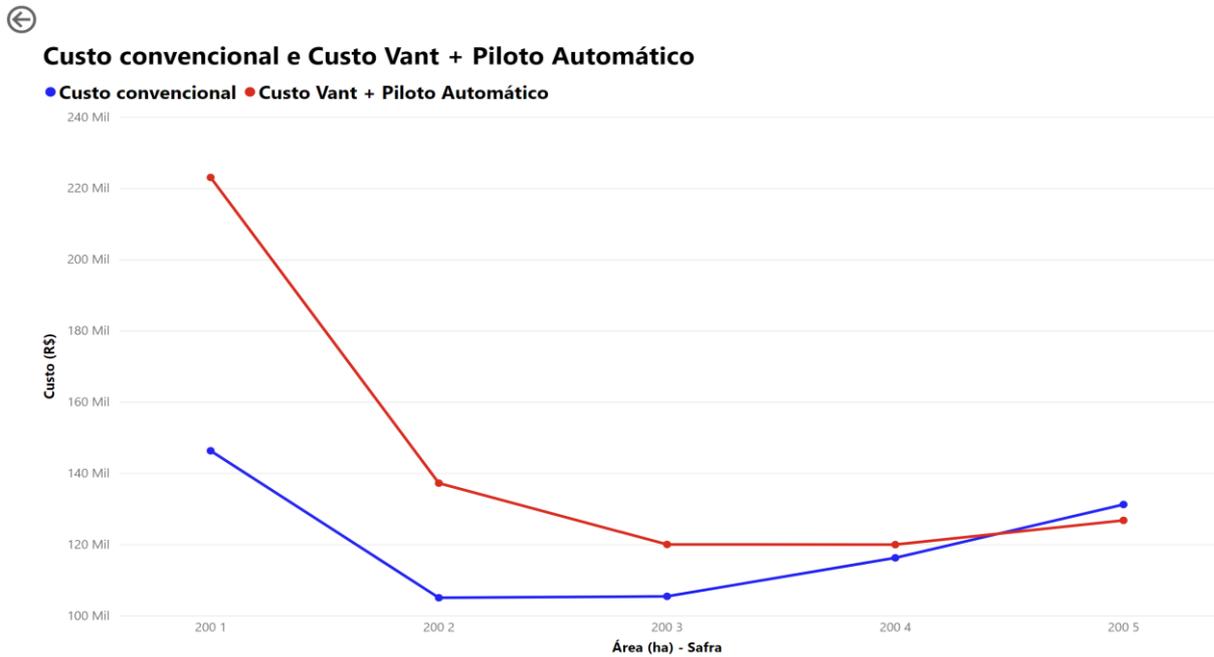
**Tabela 5-** Abordagem geral dos resultados: método convencional x serviço com VANTs + Piloto Automático

Área (ha)	Safra	Custo convencional (R\$)	Custo Vant + Piloto Automático (R\$)
200	1	146.230,27	222.979,31
200	2	104.960,54	137.143,81
200	3	105.357,48	119.933,82
200	4	116.171,08	119.880,22
200	5	131.151,35	126.689,16
1.000	1	189.091,39	599.948,28
1.000	2	190.682,78	364.109,53
1.000	3	233.940,84	314.001,23
1.000	4	287.615,56	310.325,54
1.000	5	345.456,95	325.222,90
5.000	1	945.456,95	3.325.067,06
5.000	2	953.413,90	1.884.869,55
5.000	3	1.169.704,18	1.627.139,73
5.000	4	1.438.077,80	1.609.442,83
5.000	5	1.727.284,75	1.687.759,10

FONTE: Autor (2023).

Face ao exposto, posteriormente foi utilizado o auxílio de gráficos de linha, para melhor visualização dos resultados de forma dinâmica, um para cada uma das áreas consideradas.

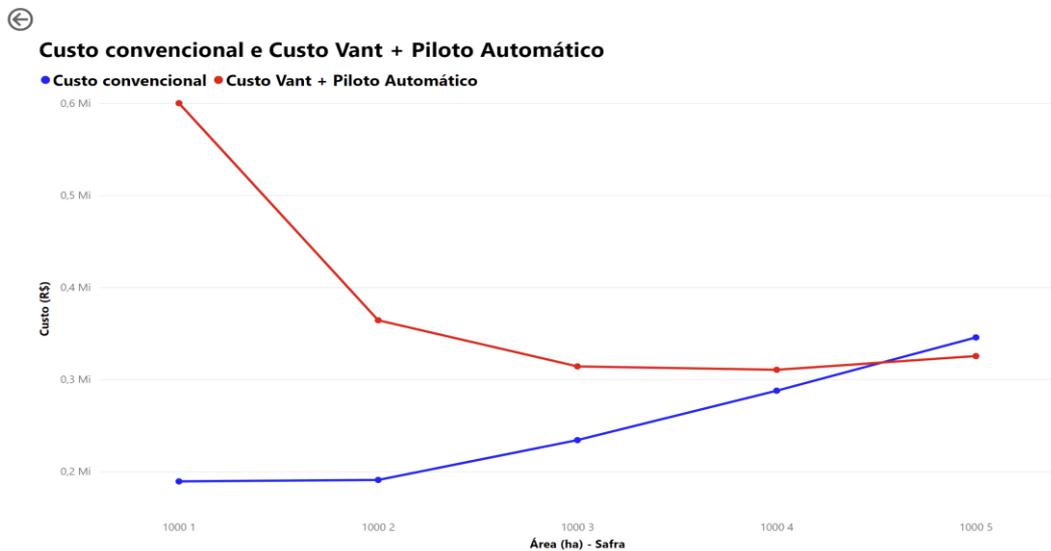
**Figura 11-** Payback Serviço VANT + Piloto automático (2): dimensão 200 hectares



FONTE: Autor (2023).

No gráfico acima, Figura 11, exemplifica-se a compra de até 2 equipamentos de piloto automático na a área de 200 hectares, para até a quinta safra considerada já existir o retorno de diminuição do custo do serviço via VANT + piloto automático, em relação ao método convencional.

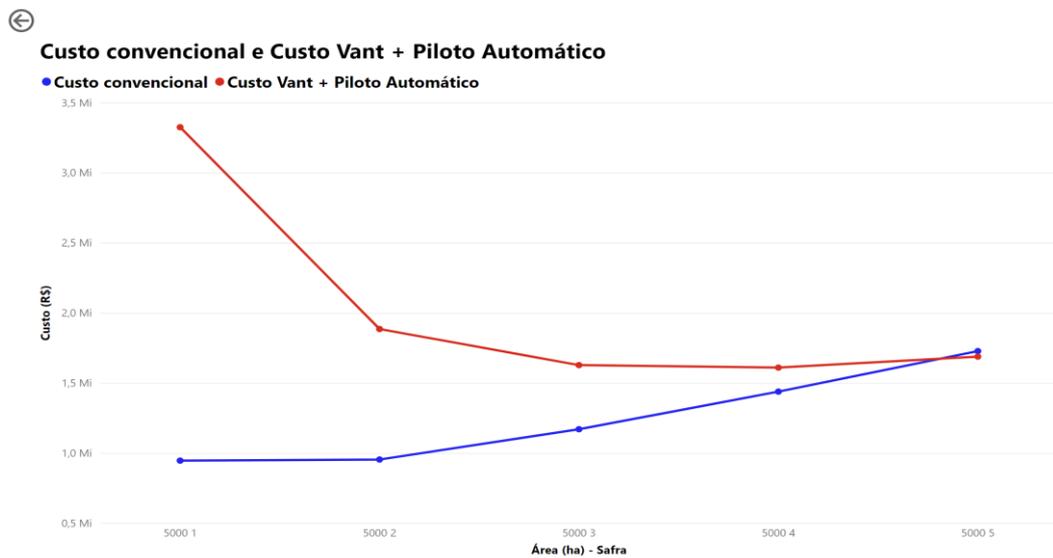
**Figura 12-** Payback Serviço VANT + Piloto automático (5): dimensão 1.000 hectares



FONTE: Autor (2023).

Como no gráfico anterior a este, na Figura 12, exemplifica-se a compra de 5 equipamentos de piloto automático para a área de dimensão de 1.000 hectares para até a quinta safra considerada já apresentar o retorno de diminuição do custo do serviço via VANT + piloto automático, em relação ao método convencional.

**Figura 13** - Payback Serviço VANT + Piloto automático (26): dimensão 5.000 hectares



FONTE: Autor (2023).

Como imagens anteriores a esta, exemplifica-se a compra de 26 equipamentos de piloto automático para a área de dimensão de 5.000 hectares, para até a quinta safra considerada já se verificar o retorno de diminuição do custo do serviço via VANT + piloto automático, em relação ao método convencional.

Por fim, chama-se a atenção para analogia de que, mesmo para produtores que não possuem o piloto automático, considera-se o fato de que o empresário tem a possibilidade de investir no equipamento e ainda assim ter uma redução considerável no custo do processo ao longo do tempo. Destaca-se, ainda, o fato de que investir em um equipamento de piloto automático também significa tecnificar a empresa e seus processos, bem como somar ao negócio, visto que esse equipamento, quando bem utilizado, pode trazer inúmeros benefícios e vantagens as atividades agrícolas.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Referente à análise dos resultados obtidos no presente estudo, comparando os métodos de levantamento topográfico das curvas de nível para a implantação de taipas na cultura do arroz irrigado, sendo eles o serviço via contratação de VANT, quanto ao método convencional pelo próprio produtor rural, via equipamento nível *laser*, com base nos dados levantados a campo, concluiu-se que contratar o serviço de terceirização de levantamento de curvas de níveis para demarcação de taipas em lavouras de arroz irrigado é a alternativa mais barata, resultando uma significativa redução de custos totais de produção.

A realização do processo via serviço contratado por VANT, pode apresentar redução de custos de mais de 95% em todas as dimensões de áreas estudadas, em comparação ao método convencional, considerando o resultado dos dados obtidos na quinta safra para cada.

Com base na comparação adicional do serviço via VANT, mesmo junto a obtenção do equipamento de piloto automático, nota-se rentabilidade e diminuição de custos a curto e longo prazo, visto que se visualiza retorno financeiro maior quando comparado ao método convencional em todas as safras analisadas e em todas as áreas da pesquisa, 200, 1.000 e 5.000 hectares.

Face ao exposto contido neste estudo, comprova-se quanto aos dados aqui levantados, a viabilidade operacional e econômica de utilização de VANTs e ferramentas digitais para a demarcação de taipas na lavoura de arroz irrigado.

Por fim, fomenta-se a necessidade de estudos e pesquisas referente ao assunto, justificado pela crescente expansão e desenvolvimento de tecnologias digitais na agricultura, como os Veículos Aéreos Não Tripulados, a cargo de exemplo deste trabalho em questão.

## REFERÊNCIAS

BARATTO, N.L.B.; BARATTO, P.F.B.; COMASSETTO, A.P.C.; BONE, Y.C. **Principais aspectos de preparo do solo para cultivo de arroz irrigado por inundação em áreas de várzea**. XXVII Jornada de Pesquisa: Salão do conhecimento Unijuí, 2022, 7p.

BASSOI, L.H.; INAMASU, R.Y.; BERNARDI, A.C.C.; VAZ, C.M.P.; SPERANZA, E.A.; CRUVINEL, P.E. Agricultura de precisão e agricultura digital. **TECCOGS -Revista Digital de Tecnologias Cognitivas**. n.20, jul./dez. 2019, p.17-36.

BERAS, G.J. **Análise da viabilidade econômica da semeadura da cultura de soja utilizando taxa variável de fertilizante na linha**. Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. Santa Maria - RS, Brasil, 2014, 70p.

BERNARDI, A.C.C.; NAIME, J.M.; RESENDE, A.V.; BASSOI, L.H.; INAMASU, R.Y. Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar. Brasília, DF: **Embrapa**, p.109-134, 2014.

BERNARDI, L. **Terceirização de serviços de colheita como alternativa para diminuição de custos e otimização de propriedades rurais**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Porto Alegre - RS, Brasil, 2019, 35p.

BISOGNIN, B.P.; BATISTELLA, B.F.; LOPES, T.G.; AURELIO, M.A.; DIAS, V.O. No nível, **Revista Cultivar Máquinas**. n.134, p.06-08, 2013.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Portaria nº 852 - Art. 1º Criar a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão – CBAP. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília - DF, 21 set. 2012. Seção 1, n.184.

BRUTTI, M.A. **Utilização do sistema john deere - surface water pro e cr - campeão 7 para obtenção de dados altimétricos para o manejo do arroz irrigado (*oryza sativa*)**. Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. Santa Maria - RS, Brasil, 2014, 62p.

BUENO, M.V. Uso de ferramentas de geotecnologias para a simulação do manejo da água em terras baixas: Dissertação de mestrado. **Universidade Federal de Pelotas - UFPel**, Pelotas, 2018, 62p.

CAUS, S. Terceirização e Rentabilidade na propriedade agrícola. **Sider**. Guarapuava - PR, Brasil, 1994, 82p.

CELLA, D.; PERES F.C. Agricultura moderna exige empreendedor rural e conhecimento de finanças. **ComCiência, Departamento de Educação da Universidade do Estado da Bahia - UNEB**. Bahia, Brasil, 2003.

CHIACCHIO, S.S.R.; TEXEIRA, B.E.; TECH, A.R.B. Vant: um estudo sobre a utilização de veículo aéreo não tripulado na agricultura de precisão. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 01, Ed.01, v.12, p.79-89, 2016.

COELHO, J.P.C.; SILVA, J.R.M. Agricultura de Precisão. Associação dos Jovens Agricultores de Portugal - AJAP. **Inovação e Tecnologia na Formação Agrícola**. Lisboa, Portugal, 2009, 141p.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos - safra 2022/23**. Brasília, DF, v.10, n.4, quarto levantamento, janeiro 2023, 83p.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**: série histórica das safras: arroz irrigado; arroz sequeiro. 2018.

DORIGUEL, F.; ESPERANCINI, M.S.T; TONIN, F.B. Análise econômica do comportamento dos preços históricos da cultura do arroz em um período de 10 anos. **Tekhne e Logos**, Botucatu, SP, v.11, n.2, setembro, 2020.

DUTRA, E.P.; GUIMARÃES, A.M. Uso de VANTs na agricultura – obtenção e tratamento de dados. **X Congresso Brasileiro de Agroinformática**. Ponta Grossa - PR, Brasil, 2015.

GEHLEN, J.C.; POSSENTI, M.A.; TURMINA, R.; FERNANDES, R.A. Terceirização de equipamentos e máquinas agrícolas: estudo de caso no sudoeste do paraná. **Revista Científica Rural**. Bagé - RS, Brasil, v.21, n.1, 2019.

GENILHU, M.R.J. **Uso de veículo aéreo não tripulado (VANT) na agricultura: revisão de literatura**. Faculdade de educa o e meio ambiente - FAEMA. Ariquemes - RO, Brasil, 2021, 44p.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6 . Ed. Editora Atlas: São Paulo, 2008.

GOULART, D.S. **Levantamento de áreas de cultivo de arroz por diferentes métodos**: Trabalho de conclusão de curso. Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC, Cric ma, 2019, 54p.

HOTT, M.C.; ANDRADE, R.G.; MAGALHAES JUNIOR, W.C.P. Geotecnologias na agropecuária: técnicas e aplica es. **Embrapa Gado de Leite**. Juiz de Fora - MG, Brasil, 2022.

JORGE, L.A.C.; INAMASU, R.Y.; CARMO, R.B. Desenvolvimento de um VANT totalmente configurado para aplica es em Agricultura de Precisão no Brasil. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**. Curitiba - PR, Brasil, 2011.

KISCHEL, E.; FIDELIS, R.R.; SANTOS, M.M.; BRANDÃO, D.R. Efeito do Nitrogênio em genótipos de arroz cultivados em várzea úmida do Estado do Tocantins. **Revista Ceres**, v.58, n.1, 2011.

KOVÁCS, I.; HUSTI, I. The role of digitalization in the agricultural 4.0 – how to connect the industry 4.0 to agriculture. periodical of the committee of agricultural and biosystem engineering of the hungarian academy of sciences and szent istv n university. **Hungarian agricultural engineering**. Hungria. n.33, 2018, p.38-42.

LEGNARO, A. Terceiriza o.   necessário discutir novas formas de organiza o e gestão da mão-de-obra rural. **Revista Hortifruti Brasil**. São Paulo - SP, Brasil, Ano 7, n.71, 2008, p.6-14.

LONGHITANO, G.A. **VANTs para sensoriamento remoto: aplicabilidade na avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por acidentes com cargas perigosas.** - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - USP. Departamento de Engenharia de Transportes. São Paulo - SP, Brasil, 2010, 148p.

MARSCHALL, C.M.B. Avaliação viabilidade na manutenção de máquina colheitadeira própria e terceirização de serviço em uma propriedade rural no ano 2010. **Revista Científica de Ajes - RCA.** Juína - MT, Brasil, v.2, n.4, 2011.

MARTINS, W.V. **Curvas de nível: um recurso gráfico utilizando o software geogebra.** Instituto Federal Goiano - IFG. Urataí - GO, Brasil, 2019, 34p.

MASSRUHÁ, S.M.F.S.; LEITE, M.A.A. Agro 4.0 - rumo à agricultura digital. **Embrapa Informática Agropecuária.** Campinas - SP, Brasil, 2017.

MEDEIROS, F.A. **Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado para aplicação em agricultura de precisão.** Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. Santa Maria - RS, Brasil, 2007, 102p.

MIALHE, L.G. Manual de mecanização agrícola. **Editora Agronômica Ceres Ltda.** 1974.

MOLIN, J.P.; BAZAME, H.C.; MALDANER, L.; CORREDO, L.P.; MARTELLO, M.; CANATA, T.F. Precision agriculture and the digital contributions for site-specific management of the fields. **Revista Ciência Agronômica, Special Agriculture 4.0.** Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - CE. v.51, 2020.

NETO, A.A.O. A cultura do arroz. **Companhia Nacional de Abastecimento - Conab.** Brasília, 2015, 180p.

NOVAIS, R.; ROMERO, E.A. Retorno econômico em função da terceirização dos serviços agrícolas ao nível de propriedade. Custos e Agronegócio online. **Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE.** Pernambuco, Brasil, v.5, n.2, 2009.

OLIVEIRA, J.A.; SILVA, G.F.; SILVA, G.R; SANTOS, A.A.C.; CALDEIRA, D.S.A.; VILARINHO, M.K.C.; BARELLI, M.A.A.; OLIVEIRA, T.C. Potencialidades da utilização de drones na agricultura de precisão. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, v.6, n.9, p.64140-64149, 2020.

PACHECO, E.P. Seleção e custo operacional de máquinas agrícolas. Rio Branco: **Embrapa Acre**. 2000. 21p.

PRZYBILLA, H. J.; WESTER-EBBINGHAUS, W. Bildflug mit ferngelenktem Kleinflugzeug. **Bildmessung und Luftbildwesen**, v.47, n.5, 1979, p.137-142.

RASI, J.R. Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado para aplicação em pulverização agrícola. **Universidade Federal de Pelotas - departamento de engenharia rural**. Pelotas - RS, Brasil, 2008, 71p.

ROSALEN, D.L. Utilização de VANTs para mapeamento de áreas agrícolas. **Revista Cultivar**, 2018.

SANTOS, A.O.; CAVICHIOLI, F.A.; SOARES, N.M.; CLAUDINO, T.S. AGRICULTURA 4.0. **SIMTEC - Simpósio de Tecnologia da Fatec Taquaritinga**, v.6, n.1, p.38-47, 2019.

SILVA, O.F.; WANDER, A.E.; FERREIRA, C.M. Dados de conjuntura da produção de arroz (*Oryza sativa* L.) no Brasil (1985-2018): área, produção e rendimento. Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão**, 2019.

SOUZA, G. **Análise da viabilidade do uso de vant para mapeamentos topográfico e de cobertura e uso da terra**: Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, 2015, 94p.

TILMAN, D.; CASSMAN, K.G.; MATSON, P.A.; NAYLOR, R.; POLASKY, S. Agricultural sustainability and intensive production practices. **Nature**. v.418, p.671-677, 2002.

TSCHIEDEL, M.; FERREIRA, M.F. Introdução à agricultura de precisão: conceitos e vantagens. **Ciência Rural**. Santa Maria - RS, Brasil, v.32, n.1, p.159-163, 2002.

VARIAN, H. R. **Microeconomia: uma abordagem moderna**. 9.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

VIANA, P. O que é terceirização. **Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE**. São Paulo - SP, Brasil, 2008.

ZISCHINSKY, T.; DORFNER, L.; ROTTENSTEINER, F. Application of a new Model Helicopter System in Architectural Photogrammetry. **Amsterdam: IAPRS**, Part B5/2, (v. XXXIII), 2000.