

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

VANESSA BASSIN COGO

**CUSTO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE TRATORES AGRÍCOLAS NA
FRONTEIRA OESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**

**Alegrete
2022**

VANESSA BASSIN COGO

**CUSTO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE TRATORES AGRÍCOLAS NA
FRONTEIRA OESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Agrícola da Universidade Federal do
Pampa, como requisito parcial para
obtenção do Título de Bacharel em
Engenharia Agrícola.

Orientador: Vilnei de Oliveira Dias

**Alegrete
2022**

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).

Cogo, Vanessa Bassin

Custo de manutenção preventiva de tratores agrícolas na Fronteira Oeste do Estado do Rio Grande do Sul.
61 p.

Orientador: Vilnei de Oliveira Dias
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Pampa, Engenharia Agrícola, 2022.

1. Máquinas agrícolas. 2. Números índices. 3. Custos fixos. I. Título.

VANESSA BASSIN COGO

**CUSTO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE TRATORES AGRÍCOLAS NA FRONTEIRA
OESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharela em Engenharia Agrícola.

Trabalho defendido e aprovado em: 11 de março de 2022.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Vilnei de Oliveira Dias

Orientador

(UNIPAMPA)

M. Sc. Luana Freitas Knierim

M. Sc. Henrique Eguilhor Rodrigues



Assinado eletronicamente por **Luana Freitas Knierim, Usuário Externo**, em 15/03/2022, às 14:51, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.

Assinado eletronicamente por **Henrique Eguilhor Rodrigues, Usuário Externo**, em 15/03/2022, às 15:22, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **VILNEI DE OLIVEIRA DIAS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 17/03/2022, às 10:54, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0751325** e o código CRC **2621C6C1**.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Vilnei de Oliveira Dias, pela orientação, amizade, paciência e ensinamentos durante a graduação.

Aos colegas e funcionários do LAMAP.

Aos demais professores que contribuíram com a minha graduação, permitindo que eu chegasse até aqui.

Ao meu companheiro, Arthur Estivallet, pelo amor, carinho e incentivo diário.

Aos meus pais e irmãs pelo apoio.

A Universidade Federal do Pampa, pela oportunidade de realizar o Curso de Engenharia Agrícola.

Aos amigos e colegas Sueli Elisa Kullmann, Quevin de Abreu Marques e Natália Garcez, por todos esses cinco anos de companheirismo e parceria.

Aos demais colegas, pela convivência e bons momentos durante a minha jornada na UNIPAMPA.

A todos, que de alguma forma, auxiliaram e colaboraram para a realização deste trabalho e pela minha graduação, muito obrigada.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo estimar o custo com peças e componentes de manutenção preventiva de 10 tratores agrícolas de marcas e modelos distintos, em duas classes de potência, previamente definidos. O estudo foi realizado pelo LAMAP (Laboratório de Mecanização Agrícola do Pampa), pertencente a Universidade Federal do Pampa (Unipampa) localizado na cidade de Alegrete, na qual foi realizado um levantamento das cinco marcas de tratores agrícolas e faixas de potência mais utilizadas na fronteira oeste do Rio Grande do Sul. Para isso, foram definidos dez exemplares de tratores a serem estudados, pertencentes a duas classes de potência, sendo estas de 50,3 à 100,5 cv (classe II) e 100,6 à 199,7 cv (classe III). Para o levantamento da manutenção preventiva definiu-se os grupos de manutenção de acordo com as horas trabalhadas, considerando revisões a cada 250, 500 e 1000 horas. Após a coleta dos dados, calculou-se o índice de custo de manutenção preventiva para comparar os valores obtidos. Verificou-se que os custos de manutenção preventiva apresentaram variações de acordo com os modelos estudados, sendo que os modelos de maior potência representaram o maior custo de manutenção. Concluiu-se também que, a marca comercial com o menor índice de custo de manutenção para a classe II foi a mesma para a classe III, já a marca com maior custo encontrado na classe II foi diferente da encontrada na classe III. Em relação as periodicidades das manutenções, estas apresentaram variações de acordo com a marca e em alguns casos entre os modelos estudados.

Palavras-Chave: Máquinas agrícolas. Números índices. Custos fixos.

ABSTRACT

This study aimed to estimate the cost of preventive maintenance parts and components of 10 agricultural tractors of different brands and models, in two previously defined power classes. The study was carried out by LAMAP (Laboratory of Agricultural Mechanization of Pampa), belonging to the Federal University of Pampa (Unipampa) located in the city of Alegrete, in which a survey was carried out of the five brands of agricultural tractors and power ranges most used on the border west of Rio Grande do Sul. For this, ten examples of tractors were defined to be studied, belonging to two power classes, these being from 50.3 to 100.5 hp (class II) and 100.6 to 199.7 hp (class III). For the survey of preventive maintenance, the maintenance groups were defined according to the hours worked, considering revisions every 250, 500 and 1000 hours. After data collection, the preventive maintenance cost index was calculated to compare the values obtained. It was found that the preventive maintenance costs presented variations according to the models studied, and the higher power models represented the highest maintenance cost. It was also concluded that the brand with the lowest maintenance cost index for class II was the same for class III, while the brand with the highest cost found in class II was different from that found in class III. Regarding the maintenance intervals, these showed variations according to the brand and in some cases between the models studied.

Keywords: Agricultural machinery. Index numbers. Fixed costs.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da cidade de Alegrete representado no mapa do RS.....	26
Figura 2 – Mapa do Conselho Regional de Desenvolvimento (COREDE) da Fronteira Oeste.....	27
Figura 3 – Índice do custo de manutenção preventiva dos tratores agrícolas da classe II.....	46
Figura 4 – Índice do custo de manutenção preventiva dos tratores agrícolas da classe III.....	47
Figura 5 – Índice geral do custo de manutenção preventiva de todos os modelos estudados.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação dos tratores quanto à potência de acordo com a ANFAVEA	28
Tabela 2 – Modelos de tratores com potência de 50,3 à 100,5 cv, referentes a classe II, com seus respectivos dados técnicos	28
Tabela 3 – Modelos de tratores com potência de 100,6 à 199,7 cv, referentes a classe III, com seus respectivos dados técnicos	29
Tabela 4 – Custo de manutenção preventiva de 250 horas dos modelos estudados na classe II	33
Tabela 5 – Custo de manutenção preventiva de 500 horas dos modelos estudados na classe II	35
Tabela 6 – Custo de manutenção preventiva de 1000 horas dos modelos estudados na classe II	37
Tabela 7 – Custos totais de manutenção preventiva dos modelos estudados na classe II	39
Tabela 8 – Custo de manutenção preventiva de 250 horas dos modelos estudados na classe III	40
Tabela 9 – Custo de manutenção preventiva de 500 horas dos modelos estudados na classe III	41
Tabela 10 – Custo de manutenção preventiva de 1000 horas dos modelos estudados na classe III	43
Tabela 11 – Custos totais de manutenção preventiva dos modelos estudados na classe III	45
Tabela 12 – Periodicidade de manutenção preventiva recomendada pelos fabricantes e índice de periodicidade de manutenção	49

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivo geral	13
1.2 Objetivos específicos.....	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Tratores agrícolas: histórico e classificação	14
2.2 Manutenção de máquinas agrícolas	18
2.3 Custos das operações agrícolas	21
2.4 Números índices	25
3 METODOLOGIA	27
3.1 Local.....	27
3.2 Classes de tratores e exemplares estudados.....	28
3.3 Definição dos grupos de manutenção preventiva.....	30
3.3.1 Revisão a cada 250 horas de trabalho.....	30
3.3.2 Revisão a cada 500 horas de trabalho.....	31
3.3.3 Revisão a cada 1000 horas de trabalho.....	31
3.4 Aquisição e análise dos dados	31
3.5 Estudo da periodicidade recomendada pelo fabricante	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1 Custo de manutenção preventiva para os modelos da classe II.....	34
4.2 Custo de manutenção preventiva para os modelos da classe III.....	40
4.3 Índice de custo de manutenção preventiva de tratores agrícolas	46
4.4 Periodicidade da manutenção recomendada pelos fabricantes	49
5 CONCLUSÕES	52
REFERÊNCIAS.....	53
APÊNDICE.....	61

1 INTRODUÇÃO

A administração possui como pressuposto atingir objetivos, para tanto é necessário um bom planejamento e organização a fim de conseguir executar com sucesso os objetivos traçados. Na agricultura, a administração deve estar presente em todos os setores de produção, auxiliando o produtor na tomada de decisão em relação ao seu negócio, buscando maior produtividade e rentabilidade.

Desta forma, em uma propriedade, a manutenção das máquinas agrícolas deve estar incluída no planejamento das atividades desenvolvidas, evitando que a produção seja afetada por problemas mecânicos dos equipamentos das máquinas, além de proporcionar maior vida útil dos mesmos. De acordo com Dall'Agnese (2020), os principais tipos de manutenção são definidos como preventiva e corretiva, onde a primeira é realizada antes do equipamento apresentar defeito, comumente recomendado pelo fabricante, na qual informa quais os procedimentos necessários e o intervalo de tempo que deve ser realizada a manutenção, e a segunda é realizada quando ocorre alguma falha no equipamento e o mesmo necessita de correção imediata.

Segundo Barbosa *et al.* (2018), o custo de manutenção é considerado variável, visto que varia de acordo com a periodicidade e do tipo de manutenção a ser realizada, sendo que, de acordo com Correia (2016), quanto maior o investimento em manutenção preventiva, menor a probabilidade de realizar a manutenção corretiva, o que conseqüentemente reduz os custos de manutenção, desta forma, a manutenção preventiva deve ser considerada como um investimento e não como um custo. Além disso, o uso ou não do trator também influencia nos custos, levando em consideração que na aquisição incluem-se os custos como a depreciação e parcelas do financiamento. O uso regular do trator proporciona maior produção e rentabilidade ao produtor, caso contrário, o condiciona a uma menor produtividade, o que conseqüentemente torna a aquisição do trator inviável.

Como qualquer máquina ou equipamento, os tratores agrícolas também necessitam de manutenção, os cuidados com estes são essenciais para reduzir os desgastes das peças ou quebra das mesmas, evitando que o proprietário tenha custos elevados para consertá-los na falta de manutenção (GIMENEZ; MILAN; ROMANELLI, 2016). Além disso, a manutenção de tratores proporciona a redução de paradas inesperadas no momento das operações realizadas diariamente.

1.1 Objetivo geral

Estimar o custo com peças e componentes de manutenção preventiva de dez tratores agrícolas de marcas e modelos distintos, em duas classes de potência, na Fronteira Oeste do estado do Rio Grande do Sul.

1.2 Objetivos específicos

- I. Analisar o custo de manutenção preventiva de tratores agrícolas das Classes II e III, indicando quais componentes por marcas comerciais impactam mais no referido custo;
- II. Comparar os custos de manutenção preventiva de tratores agrícolas das Classes II e III, verificando a diferença dos custos de manutenção entre as marcas estudadas;
- III. Estudar a periodicidade das manutenções preventivas recomendadas pelos fabricantes de tratores agrícolas das marcas que compõem este trabalho.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Tratores agrícolas: histórico e classificação

Os tratores agrícolas possuem origem muito antiga, sendo fundamentais na evolução da agricultura ao servir como fonte de tração e potência de implementos agrícolas, substituindo o trabalho manual pelo mecanizado. Além do aperfeiçoamento do trabalho realizado pelos agricultores, proporcionou agilidade na execução de inúmeras tarefas.

No ano de 1858, J. W. Fawkes lançou o primeiro trator que pesava 41 toneladas, este possuía um sistema de motor à vapor que possibilitava tracionar um arado de 8 discos (VIAN *et al.*, 2013; LOURES, 2017). De acordo com os mesmos autores, em 1892 nos Estados Unidos, John Froelich desenvolveu o primeiro trator com motor de combustão interna movido a gasolina, na qual, o seu projeto foi adquirido por John Deere, que no início do século XX introduziu o modelo “D”, utilizando este modelo como referência para outros tratores de sua linha.

A primeira indústria de tratores denominada Hart-Parr Company só surgiria 13 anos mais tarde, no ano de 1905 em Iowa nos Estados Unidos (VIAN *et al.*, 2013). Entretanto, somente em 1917 iniciou-se a produção de tratores em série através do modelo Fordson tractor, que obteve sucesso devido ao baixo custo de produção, simplicidade do projeto e facilidade de manutenção.

Por sua vez, em 1921 na Alemanha, a fábrica Heinrich Lanz AG deu início a produção do trator Lanz Bulldog, na qual era o primeiro trator com motor que poderia funcionar tanto a gasolina quanto à óleo vegetal, além disso, apresentava menor número de componentes, entretanto, a produção destes tratores foi interrompida em 1960 e logo depois o nome Lanz caiu em desuso (SILVA, 2011; LOURES, 2017). Pouco tempo depois, em 1925, a International Harvester desenvolveu o modelo Farmall, sendo este o primeiro trator adaptado a uma série de operações agrícolas, com mecanismos que possibilitava a acoplagem entre o trator e implemento, além de permitir a elevação dos implementos do nível do solo (BARICELO; VIAN, 2019).

Com o passar dos anos, várias inovações foram realizadas a fim de proporcionar melhoria nos tratores agrícolas, como em 1932, quando a companhia Allis-Chalmers introduziu comercialmente o modelo Universal com pneus de borracha, substituindo as rodas de ferro, além disso, em 1933 ocorreu o primeiro uso comercial de tratores com motores diesel (SILVA, 2011; LOURES, 2017). Segundo

Vian *et al.* (2013), no ano de 1939 introduziu-se o sistema de levante hidráulico de três pontos no modelo Ferguson, e em 1952, também no modelo Ferguson, inseriu-se o sistema de direção hidráulica

Conforme Silva e Winck (2019), os tratores tiveram o seu impulso a partir da produção nacional de motores a diesel no ano de 1955, no Brasil a produção interna e comercialização de tratores iniciou-se em 1960 com a instalação da Ford, seguida pelas marcas Valmet, Massey Ferguson e CBT (Companhia Brasileira de Tratores), sendo que antes disso, todos os tratores eram importados. De acordo com os mesmos autores, até 1970 a indústria brasileira de tratores crescia modestamente, a partir dessa época houve uma grande expansão da economia brasileira através dos incentivos de crédito rural governamentais, proporcionando o desenvolvimento da agricultura.

De acordo com Vian *et al.* (2013), ao decorrer dos anos, outras melhorias foram realizadas pelas indústrias de tratores, como por exemplo o desenvolvimento e aperfeiçoamento da tomada de potência, tração nas quatro rodas, tratores com rodados duplos, adoção de cabines de proteção do operador e aumento da potência dos motores. Outra melhoria, citada Garcia (2020) é a introdução de turbocompressor e intercooler nos motores a diesel, Cugnasca e Saraiva (2005) também citam a utilização de eletrônica embarcada com sensores e sistemas de controle automático e equipamentos para sensoriamento remoto utilizados na agricultura de precisão.

Com a crescente diversidade de modelo de tratores agrícolas no mercado, fez-se necessário classificá-los em diversas formas, baseando-se em seus critérios básicos construtivos, tendo em vista que cada modelo possui suas características específicas. De acordo com Vilagra (2009), uma das maneiras de classificá-los é quanto a sua aplicação, variando em função do tipo de exploração na qual serão utilizados, como por exemplo os tratores agrícolas, florestais ou industriais.

Segundo Veiga *et al.* (2013), os tratores agrícolas são máquinas autopropelidas projetadas para tracionar, transportar e fornecer potência para máquinas e implementos agrícolas, estes são utilizados em tratos culturais, desde o preparo do solo até o momento da colheita. O autor salienta que há uma vasta gama de modelos de tratores agrícolas disponíveis no mercado, em diferentes bitolas e dimensões, sendo adequados para tarefas específicas a fim de suprir as necessidades dos produtores. Os tratores florestais são empregados na exploração

de florestas, possuindo características mais robustas que os agrícolas e com maior força de tração, estes são utilizados em tratos culturais, cortes, desbastes, transporte, empilhamento, entre outros processos (RODRIGUES, 2018). Os tratores industriais são destinados a etapas de produção, como movimentação de terra, terraplanagem e carregamento de materiais como o solo, estes caracterizam-se por possuírem pás carregadoras como as retroescavadeiras (FOLLE; FRANZ, 1990).

Salviano (2016), também classifica os tratores de acordo com o sistema de locomoção e direção, ou seja, o rodado, podendo ser de rodas pneumáticas ou esteiras. As rodas pneumáticas foram introduzidas em tratores a fim de proporcionar conforto ao operador, substituindo as rodas de ferro com garras que produziam muitas vibrações, fazendo com que as borrachas das rodas pneumáticas as absorvam (CORRÊA, 2001; JUNGER; DIOTTO, 2018).

De acordo com Santos (2017) e Bezerra (2018), os tratores podem apresentar: duas, três, quatro ou mais rodas. Segundo os mesmos autores, os tratores de duas rodas são denominados motocultivadores ou tratores de rabiças, utilizado principalmente em atividades de horticultura, em que o operador caminha atrás do implemento. Conforme Bezerra (2018), os triciclos possuem três rodas, na qual o eixo traseiro apresenta duas rodas motrizes e o eixo dianteiro um roda, sendo utilizados em atividades de cultivo em linhas ou para jardinagens. Os tratores com quatro rodas possuem duas rodas no eixo dianteiro e duas no traseiro, segundo Corrêa (2001), podem ser denominados: tratores convencionais (4X2), quando apenas o eixo traseiro é motriz e o dianteiro direcional; tratores pesados e de grande porte (4X4), com ambos eixos (dianteiro e traseiro) motrizes; e tratores com tração dianteira auxiliar (4X2 TDA), em que o eixo traseiro é motriz e o eixo dianteiro pode ser acionado fazendo com que ambas sejam motrizes.

Bezerra (2018), afirma que os rodados de esteira possuem como órgãos de propulsão duas sapatas que podem ser metálicas ou de borracha, nas quais são montadas sobre duas rodas, uma motora e outra reguladora de tensão da esteira, sendo utilizados em atividades que necessitam de elevada força de tração. Segundo o mesmo autor, os tratores também podem ser classificados como semi-esteiras, estes possuem quatro rodas, entretanto, são modificadas a fim de empregarem uma esteira sobre as rodas traseiras motrizes, mantendo os pneus convencionais na dianteira, sendo utilizados em áreas alagadas que necessitam de maior força, reduzindo a patinagem e a pressão sobre o solo.

Outra forma de classificar os tratores é de acordo com o sistema de transmissão, que possui como finalidade transmitir a potência gerada pelo motor às rodas motrizes, sistema hidráulico e a tomada de potência (TDP), desta forma, os tratores podem ser classificados como: 4X2, 4X2 TDA ou 4X4 (FARIAS; SCHLOSSER; LINARES, 2015; LOURES, 2017).

Os tratores 4X2, conhecidos como convencionais, são compostos por duas rodas motrizes traseiras com garras e diâmetro superior às rodas dianteiras que desempenham apenas a função de controlar a direção, sendo utilizados em tarefas diversas, de modo que desenvolvem pouco esforço de tração, além de serem mais leves e fáceis de manobrar em espaços reduzidos (CORRÊA, 2001).

Já os tratores 4X4, foram desenvolvidos de acordo com a maior necessidade de demanda de tração nas quatro rodas para realizar tarefas mais difíceis, sendo que, de acordo com Senar (2017), estes possuem todas as rodas com garras e de mesmo diâmetro, além de serem providas de tração permanente. Corrêa (2001), também destaca que o chassi pode ser rígido ou articulado, fazendo com que todas as rodas tenham a função de direção.

Os tratores 4X2 TDA (Tração Dianteira Auxiliar), constituem as duas configurações citadas anteriormente, em que todas as rodas contêm garras, entretanto as rodas dianteiras controlam a direção, mas possuem diâmetro menor que as rodas traseiras (SENAR, 2017). O diferencial deste trator é a possibilidade de maior capacidade de tração quando a tração dianteira é acionada, reduzindo a patinagem das rodas motrizes (CORRÊA, 2001).

De acordo com Finger e Matos (2015), os tratores também são classificados em função da sua estrutura geral denominada chassi, podendo ser dividido em quatro tipos de estruturas, sendo: monobloco, chassi propriamente dito, semichassi ou chassi articulado.

Conforme Bezerra (2018), os tratores de menor potência normalmente possuem a estrutura monobloco, sendo este o modelo mais comum, segundo Forastiere (2016), a estrutura é constituída pelos próprios componentes do trator, sendo o motor, transmissão e diferencial. Já o chassi propriamente dito, é utilizado em tratores com potência superior a 90 cv, por sua vez possuem os componentes montados sobre coxins de borracha no chassi, fazendo com que o sistema de transmissão e o motor do trator não sejam submetidos a esforços de torção devido a tração desenvolvida pelo trator (BEZERRA, 2018).

O semichassi, de acordo com Bezerra (2018), é composto por uma estrutura de chassi que suporta apenas o eixo dianteiro e o motor, evitando que os esforços sejam diretamente absorvidos pelo motor, além disso, o semichassi apresenta características de trator rígido, com facilidade de manobrar e acoplar implementos, sendo que esta estrutura é comumente utilizada em tratores com potência entre 180 e 350 cv.

Os tratores agrícolas com chassi articulado possuem elevada potência, na qual, geralmente possuem sistema de tração tipo 4x4, com rodados de pneus de mesmo diâmetro ou esteiras (RODRIGUES, 2018), aumentando a capacidade de tração dos mesmos, no entanto, possuem maior dificuldade na realização de manobras, bem como menor versatilidade para acoplamento de implementos (BEZERRA, 2018).

Por fim, diversos autores (FARIAS, 2014; ALONÇO *et al.*, 2017), apontam como critério para classificação de tratores agrícolas a potência do motor, desta forma, esta classificação obedece a normalização técnica proposta pela ANFAVEA (Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores), categorizando os tratores quanto às faixas de potência disponíveis no mercado: classe I (leves) os tratores com potência de até 36,9 kW (50 cv), classe II (médios) de 37 a 73,9 kW (50,3 a 100,50 cv), classe III (pesados) de 74 a 146,9 kW (100,60 a 199,80 cv), e classe IV (superpesados) com potência superior a 147 kW (200 cv).

Em um estudo realizado por Santi *et al.* (2018), determinaram que, na Fronteira Oeste do estado do Rio Grande do Sul, 70% dos tratores agrícolas utilizados na semeadura de soja pertencem a classe III, seguidos da classe IV e II, com respectivamente 18% e 12%, sendo que os tratores da classe I não são utilizados neste processo produtivo.

2.2 Manutenção de máquinas agrícolas

A manutenção no geral, possui como objetivo garantir que as máquinas estejam aptas a realizarem suas funções com eficácia e segurança, evitando paradas desnecessárias em operações agrícolas, a fim de reduzir os custos de mecanização e elevar a vida útil dos equipamentos (GIMENEZ; MILAN; ROMANELLI, 2016).

Segundo Dall'Agnese (2020), a manutenção é classificada em função do seu planejamento e quanto ao seu objetivo de intervenção. Desta forma, a manutenção pode ser planejada, sendo executada sob um tempo pré-estabelecido, ou não planejada quando a manutenção é realizada conforme a necessidade de cada equipamento, logo, os três principais tipos de manutenção são: corretiva, preventiva e preditiva.

De acordo com Neto (2014) e Ferreira (2021), a manutenção corretiva normalmente não é planejada, possui como objetivo consertar ou reparar os equipamentos que estejam apresentando falhas ou panes causadas pelo desgaste, com baixo desempenho de funcionamento ou quando está impossibilitado de operar, ou seja, quebrado. Desta forma, segundo Galé (2019), esta pode ser realizada para reparar ou até mesmo substituir peças ou equipamentos. Além disso, a manutenção corretiva não planejada costuma ser mais onerosa que as outras manutenções, já que os danos nos equipamentos são maiores, implicando também em perda de tempo, tendo em vista que há a possibilidade de quebrar o equipamento em um momento inoportuno (SOEIRO, 2012).

No entanto, a manutenção corretiva pode ser considerada planejada quando o defeito é detectado antes de ocorrer alguma falha mais grave, e por decisão gerencial é corrigida (GALÉ, 2019). Conforme o mesmo autor, quando planejada, a manutenção corretiva ainda é considerada onerosa pelos altos custos para corrigir os defeitos dos equipamentos, entretanto não se considera as perdas produtivas, visto que é decidido corrigir a falha em um momento oportuno.

Conforme Neto (2014), a manutenção preventiva é considerada uma manutenção planejada, sendo executadas paradas em intervalos de tempo predefinidos com o objetivo de prevenir possíveis falhas dos equipamentos ou componentes que ainda realizam suas funções em perfeito estado.

Gimenez, Milan e Romanelli (2016), afirmam que a manutenção preventiva possui inúmeros benefícios, reduzindo ou evitando o número de falhas ou queda de desempenho dos equipamentos, aumentando a vida útil e a produtividade, além de evitar que os mesmos possam causar baixo rendimento em seu funcionamento ou paradas desnecessárias para consertá-los. De acordo com os mesmos autores, esta manutenção impede ou minimiza a necessidade de realizar a manutenção corretiva, evitando a troca dos equipamentos danificados, o que conseqüentemente reduz os custos de manutenção.

Segundo Neto (2014), os principais conceitos a serem assimilados correspondem a: planejar, programar, controlar, organizar e administrar a manutenção. Com isso, a manutenção preventiva garante o bom funcionamento dos equipamentos e minimiza a degradação dos mesmos.

A manutenção preditiva é a base da manutenção preventiva, esta busca prever as possíveis falhas que irão ocorrer durante a vida útil do trator com base em técnicas de análise detalhada das peças e componentes que estão passíveis de falhas, analisando seu desempenho para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva (MARCON; THOMAZ; BRESCIANI, 2019). Nesta manutenção, são realizados acompanhamentos contínuos que obedecem a uma sistemática, que através de técnicas, são realizados monitoramentos e medições dos parâmetros de desempenho, inspecionando as condições das peças, permitindo definir o momento exato da troca destes componentes, intervindo antes da falha (GIMENEZ; MILAN; ROMANELLI, 2016).

Com isso, a manutenção preditiva promove a minimização do tempo gasto na manutenção, além de maximizar a vida útil dos equipamentos, detectando com antecedência a necessidade de realizar manutenção em algumas peças ou em uma máquina, reduzindo os custos em intervenções desnecessárias (NETO, 2014; FERREIRA, 2021).

A manutenção preditiva, assim como a preventiva, tem como objetivo evitar que ocorram falhas nos equipamentos, para tanto, os mesmos são controlados frequentemente ou constantemente através de monitoramento e observações para verificar as condições dos equipamentos, definindo o momento exato da troca dos componentes ou materiais analisados (DALL'AGNESE, 2020). De acordo com o mesmo autor, os custos de manutenção são reduzidos através de análises e acompanhamento sistemático dos parâmetros de desempenho, como por exemplo: a análise de ruídos, análise cromatográfica de óleos lubrificantes, vibração e temperatura

Desta forma, os tipos de manutenções são divididos de acordo com o método de intervenção, com isso, a manutenção corretiva é realizada quando alguma peça ou equipamento não estiver desenvolvendo seu desempenho máximo ou ainda quando ocorrerem falhas, seja por desgaste ou quebra (NETO, 2014). De acordo com o mesmo autor, são exemplos de peças: rolamentos das rodas; disco de embreagem; componentes periféricos do motor, dentre eles o jogo de bicos

injetores, válvula termostática e correias; ou qualquer outro equipamento mecânico desgastado ou danificado.

A manutenção preventiva, segundo Bueno *et al.* (2011), é realizada com o intuito de minimizar a manutenção corretiva, prevenindo as possíveis falhas, esta obedece um plano previamente elaborado chamado de plano de manutenção que é fornecido pelos fabricantes com as devidas recomendações, especificando os componentes, tipos de lubrificantes, aditivos e peças que devem ser empregadas ao trator.

As operações de serviço que devem ser verificadas e se necessário, ajustar ou substituir, tais como: óleo lubrificante do motor e do sistema hidráulico, filtros do motor e de combustível, terminais de bateria, filtros de ar do motor e da cabine, óleo lubrificante das reduções planetárias do eixo dianteiro, correia do alternador, pinos graxeiros, líquido de arrefecimento, fluido de freio, entre outros componentes e peças que devem ser analisadas. Deste modo, a manutenção preventiva em tratores novos é realizada com base no manual do operador e para os tratores usados a partir de um intervalo pré-definido de horas trabalhadas (GIMENEZ; MILAN; ROMANELLI, 2016).

2.3 Custos das operações agrícolas

Através da intensificação do uso da mecanização na agricultura, o investimento em máquinas de maior potência e novas tecnologias, torna-se essencial para os produtores, afim de atender as demandas e necessidades das atividades realizadas (PIACENTINI *et al.*, 2012). Com isso, o mesmo autor afirma que o acompanhamento sistemático do desempenho e cálculos dos custos operacionais das máquinas agrícolas ao longo da vida útil, são fatores fundamentais para o seu uso racional.

De acordo com Barbosa *et al.* (2018), os custos das operações agrícolas são determinados através da quantificação dos custos fixos e dos custos variáveis. Segundo Jasper e Silva (2013), os custos fixos incluem a depreciação, juros sobre o capital investido, despesas de alojamento e seguros, com isso, estes gastos devem ser debitados independente da máquina ser utilizada ou não.

Conforme Santos *et al.* (2016), a depreciação da máquina está associada à desvalorização constante ao longo da vida útil. Mascarin e Zylbersztajn (2016),

afirmam que, mesmo quando pouca utilizada a depreciação ocorre devido a obsolescência, deteriorando-se e perdendo sua utilidade, além de não proporcionar um retorno financeiro. Entretanto, os autores também salientam que caso a máquina seja muito utilizada a depreciação ocorrerá devido ao desgaste, que associado a infrequentes manutenções, acarreta uma maior desvalorização da máquina.

No caso de aquisição do bem através de financiamentos bancários, a taxa de juros é atribuída no valor do contrato de acordo com a linha de incentivo utilizada, podendo variar entre as instituições responsáveis pelo subsídio e o enquadramento do produtor a fazer o financiamento, que pode variar de pequeno (PRONAF), médio (PRONAMP) e grande (demais linhas) produtor, com a taxa de juros incidindo de acordo com o período de pagamento, sendo normalmente pago em parcelas anuais (PIACENTINI *et al.*, 2012; RIBEIRO *et al.*, 2018). Com isso, no caso de incidência de juros, o capital utilizado na aquisição da máquina deve ser computado como retendo juros simples ou composto (JASPER; SILVA, 2013; SANTOS *et al.*, 2016).

Os custos fixos com alojamentos serão considerados somente se a máquina estiver sob abrigo, desta forma o custo referido representa o capital investido na construção do galpão e juros sobre o capital investido na estrutura e na manutenção (MERCANTE *et al.*, 2010). Além disso, de acordo com PACHECO (2000), quando a máquina não está sendo utilizada e fica sob um abrigo, esta tende a aumentar sua vida útil, estando protegida de intempéries, sobretudo permite executar as manutenções em local abrigado.

Caso o produtor faça a contratação de seguro, este será considerado um custo fixo anual, visando segurar o produtor e a máquina de possíveis danos imprevistos, bem como em casos de acidentes, incêndios, furtos ou qualquer outra causa que possa ocasionar a perda do bem (JASPER; SILVA, 2013).

O cálculo do seguro é realizado sobre o valor médio do bem, com base em uma cotação, a seguradora levará em consideração diversos fatores de risco ao bem, variando assim as alíquotas, para então determinar o valor de seguro a ser pago pelo cliente, que em caso de necessidade o mesmo possa ser ressarcido de acordo com as condições tratadas durante a contratação (CONAB, 2010).

Por outro lado, Santos *et al.* (2016), afirmam que os custos variáveis abrangem as despesas com combustíveis, óleos lubrificantes e graxas, mão de obra, reparos e manutenção. Além do mais, segundo Jasper e Silva (2013), os custos variáveis dependem da frequência de uso da máquina.

Os combustíveis são utilizados no acionamento de motores, sendo este responsável por transformar a energia proveniente da queima do combustível em energia mecânica (PACHECO, 2000). Dentre os custos variáveis, o custo com combustível varia em função do preço de comercialização do combustível e consumo de combustível da máquina (MASCARIN; ZYLBERSZTAJN, 2016), que está diretamente relacionado à sua potência disponível e às condições operacionais, como tipo de implemento, profundidade de trabalho, teor de argila no solo, rotação do motor em regime de trabalho, dentre outros fatores que modificam o consumo horário da máquina e conseqüentemente o seu custo (BAIO *et al.*, 2013).

Os óleos lubrificantes e graxas, possuem como principal função reduzir ao atrito entre as peças, o que conseqüentemente reduz o desgaste das mesmas causado pela fricção (SILVA FILHO, 2017). De acordo com o manual fornecido pelo fabricante, os lubrificantes devem ser substituídos em uma determinada periodicidade, (DALL'AGNESE, 2020). Desta forma, os custos com lubrificantes variam em função do tempo de uso da máquina, além disso, outro fator que influencia é o custo de comercialização e o volume necessário utilizado em cada troca (MERCANTE *et al.*, 2010).

De acordo com Mercante *et al.* (2010) e Santos *et al.* (2016), no que diz respeito ao custo variável a ser considerado nas operações agrícolas é a mão de obra, na qual deve-se acatar todos os gastos com o operador, como por exemplo, o salário-base mensal, encargos sociais, comissões, benefícios, planos de saúde, alimentação, transporte e outros gastos. Além disso, deve-se considerar o tempo efetivamente trabalhado anualmente.

Os reparos e manutenções das máquinas que devem ser computados compreendem os custos da manutenção preventiva e corretiva, sendo altamente variáveis (BAIO *et al.*, 2013). Deste modo, os reparos e as manutenções visam garantir o melhor desempenho, mantendo as melhores condições de funcionamento da máquina e proporcionando o aumento da vida útil, reduzindo os danos prematuros e eliminando os já observados, proporcionando maior segurança no trabalho e confiabilidade (PIACENTINI *et al.*, 2012).

Com isso, o custo dos reparos e manutenções é determinado em função do custo referente às peças, componentes e mão de obra necessária ao longo da vida útil da máquina (MASCARIN; ZYLBERSZTAJN, 2016). Além disso, o custo é crescente ao longo dos anos de uso, visto que o desgaste das peças tende a

aumentar, o que conseqüentemente eleva os custos de reparos e manutenção (BAIO *et al.*, 2013).

Outros autores (OLIVEIRA, 2000; PIACENTINI *et al.*, 2012) consideram também os filtros e pneus como custos variáveis. De acordo com Piacentini *et al.* (2012), os filtros são utilizados com o objetivo de eliminar impurezas, podendo ser filtro de combustível, filtro de ar seco, filtro de óleo hidráulico ou filtro de óleo lubrificante do motor, em que o custo é determinado em função do número de filtros utilizados e seu respectivo custo de comercialização. De acordo com o mesmo autor, nos custos com pneus, considera-se a quantidade de pneus dianteiros e traseiros e o custo de comercialização dos mesmos.

De acordo com Oliveira (2000), as despesas com reparos e manutenção representam os mais elevados itens dentre os custos operacionais, o que pode ser atribuído ao uso intensivo dos tratores agrícolas com altas horas de trabalho acumuladas, tornando antieconômica a utilização da máquina na empresa. De acordo com o mesmo autor, no gerenciamento do sistema mecanizado, o responsável deve estar atento aos fatores que afetam negativamente a vida útil do trator, como por exemplo, a falta de manutenção preventiva, a má qualidade das peças de reposição, as retificadas periódicas (consertos) e o treinamento inadequado do operador. Estes fatores são importantes na preservação da vida útil do trator, representando maior parte do custo unitário, juntamente com os gastos com combustíveis.

Com isso, através da manutenção adequada dos tratores e máquinas agrícolas é possível reduzir os custos da mecanização, minimizar as paradas desnecessárias e aumentar a eficiência do trabalho, além de evitar a redução do tempo de vida útil dos equipamentos (GIMENEZ; MILAN; ROMANELLI, 2016). Tatsch (2015), afirma que a mecanização agrícola está em fluxo contínuo no desenvolvimento de novas tecnologias, exigindo o uso racional das máquinas, objetivando o maior rendimento, maior produção e menor custo.

Desta forma, as máquinas agrícolas estão envolvidas em quase todas as etapas de produção e o custo da mecanização pode incidir em até 40% sobre o custo total, representando um dos principais itens na gestão da propriedade (MELLO; SCHLOSSER; CERVO, 2019; MARASCA, 2020). Os mesmos autores afirmam que a tomada de decisão é difícil, visto que a situação econômica da

agricultura não permite erros de grandes dimensões sob o risco de inviabilizar a continuidade do negócio.

Além disso, segundo Matos (2007), a utilização de máquinas com porte acima do recomendado acarreta em maior custo final, visto que terá uma baixa utilização, caso contrário, máquinas com baixa capacidade podem limitar a execução das operações mecanizadas, causando prejuízo na qualidade e/ou quantidade de produto produzido.

2.4 Números índices

De acordo com Silva, Daniel e Peche Filho (2007), a teoria dos números índices possibilita a obtenção de um parâmetro de caracterização que pode ser utilizado em estudos na área de máquinas agrícolas.

Segundo Machado (2012), o número índice é a razão entre dois estados de uma grandeza suscetível de variar no tempo ou no espaço, caracterizando-se por serem um importante instrumento de medidas estatísticas. Com isso, os índices visam comparar, por meio de uma expressão quantitativa global, grupos de variáveis relacionadas com diferentes graus de importância, em que o resultado é um quadro resumido das mudanças ocorridas em áreas afins (SILVA; DANIEL; PECHE FILHO, 2007).

A equação base dos números índices é expressa por Machado (2012), como mostra a Equação 1 abaixo. De acordo com o mesmo autor, x_t é a intensidade de uma grandeza em um período t e x_0 é a intensidade no período 0 tomado como base, definindo assim o índice do período t em relação ao período 0 .

$$\frac{i_0}{t} = \frac{x_t}{x_0} \quad (1)$$

Onde:

i_0/t : Índice do período t em relação ao período “0”;

x_t : Intensidade de uma grandeza em um período “ t ”;

x_0 : Intensidade no período “0”, tomado como base.

Machado (2012), afirma que estes indicadores são utilizados em áreas relacionadas como preços de matérias primas e preços de produtos acabados, sendo útil para o acompanhamento do índice geral de preços ou até mesmo da inflação. De acordo com Gameiro (2003), para a aplicação da teoria dos índices é necessário adotar um enfoque que permita a aproximação dos resultados obtidos a partir das fórmulas de cálculo, explicando o fenômeno econômico a ser mensurado.

Como exemplos do uso da teoria dos números índices, temos: Gameiro (2003), na qual utilizou esta teoria para a elaboração de índices de preço de frete para cargas agrícolas; Silva, Daniel e Peche Filho (2007), determinaram o índice classificatório dos modelos de semeadoras-adubadoras de precisão, denominado Índice de Adequação (IA), gerado com base na teoria dos números índices, sendo então determinado por meio da relação de cada parâmetro selecionado e o seu valor médio; e Carvalho, Pires e Gomes (2017), utilizaram esta teoria a fim de identificar quais as mudanças ocorridas no padrão de produtividade agrícola nas microrregiões da Bahia e como os fatores de produção afetam a produtividade.

3 METODOLOGIA

3.1 Local

O estudo foi realizado no Laboratório de Mecanização Agrícola do Pampa (Lamap), pertencente a Universidade Federal do Pampa (Unipampa), localizado na Fronteira Oeste do estado do Rio Grande do Sul na cidade de Alegrete (Figura 1).

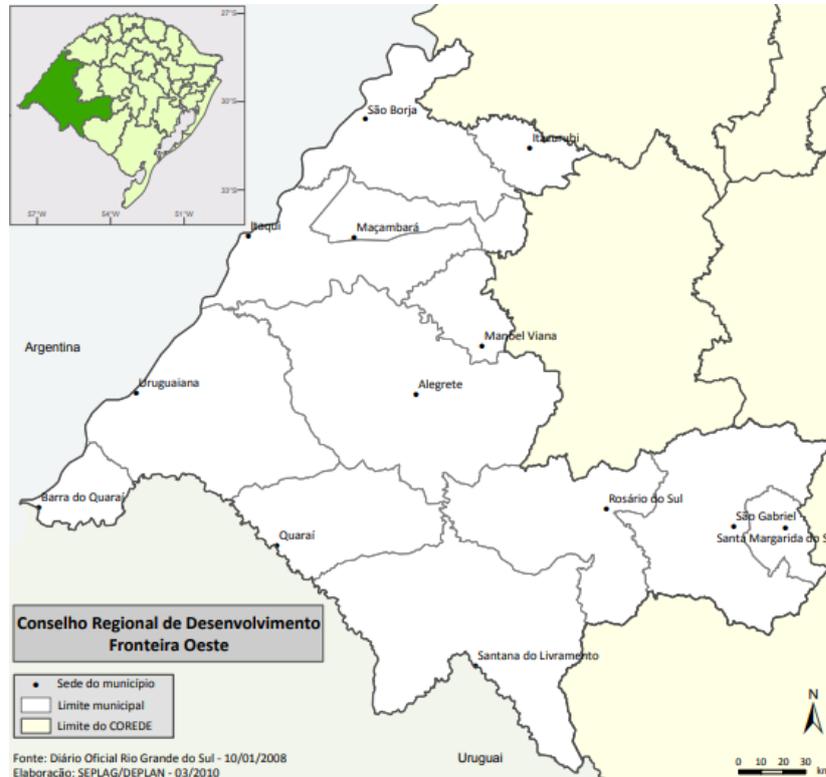
Figura 1 – Localização da cidade de Alegrete representado no mapa do RS.



Fonte: Rocha, 2016.

A Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul é integrada por treze municípios (Figura 2), sendo estes: Alegrete, Barra do Quaraí, Itacurubi, Itaqui, Maçambara, Manoel Viana, Quaraí, Rosário do Sul, Santa Margarida do Sul, Santana do Livramento, São Borja, São Gabriel e Uruguaiiana (BERTÊ *et al.*, 2016). As principais culturas agrícolas praticadas no Rio Grande do Sul, tanto de área plantada como quantidade produzida, são: arroz, soja, milho e trigo (FEIX; LEUSIN JÚNIOR; AGRANONIK, 2016). De acordo com dados do Censo Agropecuário do IBGE (2017), Alegrete é o quarto maior produtor de arroz do estado com 483.574 toneladas, já em relação às outras culturas (soja, milho e trigo), o município de Alegrete ocupa a quarta posição entre as cidades da Fronteira Oeste.

Figura 2 – Mapa do Conselho Regional de Desenvolvimento (COREDE) da Fronteira Oeste.



Fonte: Rio Grande do Sul, 2015.

3.2 Classes de tratores e exemplares estudados

Neste trabalho foram estudados 10 modelos de tratores, de marcas e classes de potência distintas. As cinco marcas selecionadas correspondem as principais marcas utilizadas na Fronteira Oeste do estado do Rio Grande do Sul encontradas e elencadas por Santi *et al.* (2018). Para a definição das classes de potência a serem analisadas, respeitou-se a classificação estabelecida pela ANFAVEA (ALONÇO *et al.*, 2017), onde os tratores agrícolas são classificados de acordo com suas faixas de potência, conforme ilustrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação dos tratores quanto à potência de acordo com a ANFAVEA.

Classe	Classificação	Potência (kW)	Potência (cv)
I	Leves	$P \leq 36,9$	$P \leq 50,2$
II	Médios	$37 \leq P \leq 73,9$	$50,3 \leq P \leq 100,5$
III	Pesados	$74 \leq P \leq 146,9$	$100,6 \leq P \leq 199,7$
IV	Superpesados	$P \geq 147$	$P \geq 199,8$

Fonte: Adaptado de ALONÇO *et al.* (2017).

Ainda de acordo com Santi *et al.* (2018), a maioria dos tratores agrícolas utilizados na Fronteira Oeste do estado do Rio Grande do Sul, correspondem às classes de potência II e III, com potência nominal compreendida de 50,3 à 100,5 cv e de 100,6 à 199,7 cv, respectivamente. Sendo assim, foram acessados catálogos de tratores das marcas pré-definidas, escolhendo modelos aleatórios de tratores que se adequassem às faixas de potência das classes II e III, conforme ilustrado na Tabela 2 (classe II) e Tabela 3 (classe III).

Tabela 2 – Modelos de tratores com potência de 50,3 à 100,5 cv, referentes a classe II, com seus respectivos dados técnicos.

Modelo	Potência de catálogo		Tração	Posto de operação
	kW	CV		
2A	58,84	80		
2B	58,84	80		
2C	58,84	80	4x2 TDA	Cabinado
2D	66,19	90		
2E	65,46	89		

Fonte: Autor.

Tabela 3 – Modelos de tratores com potência de 100,6 à 199,7 cv, referentes a classe III, com seus respectivos dados técnicos.

Modelo	Potência de catálogo		Tração	Posto de operação
	kW	CV		
3A	122,83	167		
3B	110,32	150		
3C	99,29	135	4x2 TDA	Cabinado
3D	105,91	144		
3E	116,94	159		

Fonte: Autor.

Para a análise e apresentação dos dados, para cada marca e modelo estudado foram atribuídos números e letras com o intuito de não citar as marcas e modelos estudados. Desta forma, os números 2 e 3 representam as classes II e III, enquanto as letras A, B, C, D e E, representam os cinco exemplares de tratores estudados dentro de cada faixa de potência. Desta forma, o trator “2D”, por exemplo, pertence a marca D e está enquadrado na classe II de potência.

3.3 Definição dos grupos de manutenção preventiva

Para definir os grupos da manutenção preventiva a serem analisados, consideraram-se as principais substituições de componentes realizadas em tratores agrícolas de acordo com as horas trabalhadas, sendo revisões a cada 250 horas, 500 horas e 1000 horas (BUENO *et al.*, 2011; BAMAQ MÁQUINAS, 2021).

3.3.1 Revisão a cada 250 horas de trabalho

- a) Filtros de combustível;
- b) Óleo lubrificante do motor;
- c) Filtro de óleo do motor.

3.3.2 Revisão a cada 500 horas de trabalho

- a) Aditivo do fluído de arrefecimento;
- b) Filtro de ar da cabine;
- c) Fluido de freio;
- d) Filtro de ar primário e secundário do motor;
- e) Filtro do sistema hidráulico.

3.3.3 Revisão a cada 1000 horas de trabalho

- a) Óleo dos redutores finais dianteiros;
- b) Óleo do sistema hidráulico;
- c) Filtro do sistema hidráulico;
- d) Óleo do sistema de transmissão;
- e) Filtro do sistema de transmissão;
- f) Correia de acionamento do ventilador do radiador.

3.4 Aquisição e análise dos dados

Para a coleta de dados sobre os custos de manutenção preventiva dos tratores agrícolas e a periodicidade recomendada pelo fabricante, realizou-se um levantamento em cada uma das concessionárias previamente definidas na Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, verificando os custos para realizar as manutenções preventivas e a periodicidade recomendada pelo fabricante (APÊNDICE A), para os modelos previamente definidos. Os custos foram coletados em reais (R\$), sendo que a coleta dos dados ocorreu em novembro de 2021 onde a cotação do dólar americano era de R\$ 5,62 (cinco reais e sessenta e dois centavos) no dia 30 do referido mês.

Após a coleta de dados, os custos das manutenções foram analisados, verificando quais as principais diferenças entre as marcas comerciais e modelos e quais os componentes que mais impactaram nos referidos custos. Além disso, os custos foram comparados, a fim de verificar a diferença dos custos de manutenção, independente da faixa de potência. De posse dos dados coletados, através do software Microsoft Excel, calculou-se o índice de custo de manutenção preventiva

para comparar os valores obtidos. Sendo que, quanto menor o índice, menor o custo de manutenção do referido modelo de trator.

Desta forma, o índice foi calculado pela Equação 2, abaixo:

$$ICMPTA_i = \frac{CMP250_i}{CPM250_{\bar{x}}} + \frac{CMP500_i}{CPM500_{\bar{x}}} + \frac{CMP1000_i}{CPM1000_{\bar{x}}} \quad (2)$$

Onde:

ICMPTA_i: Índice de custo de manutenção de tratores agrícolas do trator “i”;

CMP250_i: Custo de manutenção preventiva de 250h do trator “i”;

CPM250 _{\bar{x}} : Custo médio de manutenção preventiva de 250h da classe do trator “i”;

CMP500_i: Custo de manutenção preventiva de 500h do trator “i”;

CPM500 _{\bar{x}} : Custo médio de manutenção preventiva de 500h da classe do trator “i”;

CMP1000_i: Custo de manutenção preventiva de 1000h do trator “i”;

CPM1000 _{\bar{x}} : Custo médio de manutenção preventiva de 1000h da classe do trator “i”;

3.5 Estudo da periodicidade recomendada pelo fabricante

As manutenções preventivas são realizadas de acordo com a periodicidade recomendada pelo fabricante. Desta forma, realizou-se um estudo desta periodicidade, verificando qual o intervalo em horas recomendado pelo fabricante para realizar a manutenção das marcas estudadas, além de calcular o índice de periodicidade, com o objetivo de compara-los a fim de verificar se há diferença entre os fabricantes.

Desta forma, de posse da periodicidade recomendada, calculou-se a periodicidade média em horas, conforme a Equação 3, abaixo:

$$P_m(h) = \frac{\sum P}{N} \quad (3)$$

Onde:

P_m (h): Periodicidade média dos modelos estudados, em horas;

ΣP : Somatório das periodicidades recomendadas pelo fabricante;
 N: Número de periodicidades analisadas.

Em seguida, calculou-se a periodicidade média geral através da Equação 4, podendo assim, determinar o índice de periodicidade de manutenção através da Equação 5 e comparar os índices obtidos. Sendo que, índices menor que 1 estão abaixo da média, e índices maior que 1 acima da média.

$$P_{mg}(h) = \frac{\sum P_m(h)}{n} \quad (4)$$

Onde:

$P_{mg}(h)$: Periodicidade média geral dos modelos estudados, em horas;

$P_m(h)$: Periodicidade média dos modelos estudados, em horas;

n : Número de modelos analisados.

$$IPM = \frac{P_m(h)_i}{P_{mg}(h)} \quad (5)$$

Onde:

IPM: Índice de periodicidade de manutenção;

$P_m(h)$: Periodicidade média do modelo i ;

$P_{mg}(h)$: Periodicidade média geral dos modelos estudados;

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Custo de manutenção preventiva para os modelos da classe II

De acordo com a Tabela 4, é possível observar que o custo total para manutenção de 250h variou de R\$ 650,00 a R\$ 2.197,02 uma diferença de mais de 300% entre tratores da mesma Classe, sendo que a média dos custos totais foi de R\$1204,60. Ainda é possível observar que o trator 2C apresentou o maior custo de manutenção preventiva de 250 horas, sendo o item filtros de combustível o que mais impactou no referido custo deste modelo. Além disso, o custo dos filtros de combustível é o maior quando comparado aos outros modelos estudados, representando 167,2% maior que a média de custos deste item, que foi de R\$ 511,33. Este aumento de custo pode ser explicado pela maior quantidade de elementos filtrantes, tendo em vista que os filtros de combustíveis são comercializados em kits, podendo ter um ou mais filtros utilizados no modelo.

Tabela 4 – Custo de manutenção preventiva de 250 horas dos modelos estudados na classe II.

Manutenção 250 horas	2A	2B	2C	2D	2E
Filtros de combustível	85,00	204,41	1366,25	210,97	690,00
Óleo lubrificante do motor	500,00	698,00	688,25	488,00	555,00
Filtro de óleo do motor	65,00	102,72	142,52	85,89	141,00
Custo total (R\$)*	650,00	1005,13	2197,02	784,86	1386,00

*Média dos custos totais = R\$ 1204,60

Fonte: Autor.

Legner (2021), afirma que a troca dos filtros de combustíveis é fundamental para evitar falhas que possam comprometer o desempenho do motor ou causar danos aos componentes, como por exemplo a bomba e os bicos injetores. Segundo o mesmo autor, a função deste item é filtrar o combustível admitido pelo motor, retendo as impurezas e partículas, evitando que as mesmas cheguem ao motor, o que conseqüentemente eleva a vida útil dos equipamentos.

Para os tratores 2A, 2B e 2D, o componente que mais impactou nos custos, foi o óleo lubrificante do motor, enquanto que para os tratores 2C e 2E, se refere aos filtros de combustível (Tabela 4). Segundo Assis (2016), o óleo lubrificante do motor, quando usado corretamente, proporciona a redução de atritos entre as peças móveis no interior do motor, protege contra a corrosão e desgaste, contribui com o resfriamento, entre outros benefícios que elevam a vida útil, preservando e conservando o motor.

O filtro de óleo do motor é utilizado para filtrar o óleo lubrificante do motor, retendo as impurezas e partículas metálicas que possam estar presentes no mesmo, auxiliando na redução do atrito metálico entre as partes móveis, logo, proporciona a redução dos danos causados ao equipamento (LEGNER, 2021). Desta forma, pode-se notar na Tabela 4 que o filtro de óleo do motor possui pouco impacto em relação aos custos de manutenção preventiva de 250 horas, proporcionando excelente custo-benefício, visto que o investimento nos filtros podem reduzir significativamente os danos causados ao motor e suas partes móveis, elevando a vida útil do equipamento.

Além disso, dentre os modelos estudados, o trator 2A apresentou o menor custo de manutenção preventiva de 250 horas na classe II, com diferença de R\$ 1.547,02 quando comprado ao modelo de maior custo (Tabela 4).

Conforme a Tabela 5, é possível observar que a diferença entre custos totais de manutenção de 500 horas dos tratores da classe II foi de R\$ 414,04, variando de R\$ 1.009,01 a R\$1.423,05. Desta forma, o modelo 2C apresentou custo de manutenção de 14,8% maior que a média que foi de R\$ 1.239,85, já o modelo 2D, exibiu custo de 18,6% menor que a média entre os modelos nesta classe.

Tabela 5 – Custo de manutenção preventiva de 500 horas dos modelos estudados na classe II.

Manutenção 500 horas	2A	2B	2C	2D	2E
Aditivo do fluído de arrefecimento	225,00	665,00	382,05	49,20	196,00
Filtros de ar da cabine	250,00	185,90	406,00	185,38	155,90
Fluído de freio	130,00	0,00	24,00	91,00	18,90
Filtro de ar primário e secundário do motor	395,00	316,74	224,00	229,22	327,00
Filtro do sistema hidráulico	390,00	171,73	387,00	454,21	340,00
Custo total (R\$)*	1390,00	1339,37	1423,05	1009,01	1037,80

*Média dos custos totais = R\$ 1239,85

Fonte: Autor.

Como pode-se observar na Tabela 5, novamente o trator 2C apresentou o maior custo, sendo os filtros de ar da cabine o componente com maior impacto na manutenção de 500 horas.

Os filtros de ar da cabine possuem a função de filtrar as impurezas presentes na atmosfera, impedindo que entrem na cabine, caso contrário a qualidade do ar dentro da cabine é reduzida (CATARINO, 2018). Com isso, a troca deste componente é de extrema importância para o operador, proporcionando maior conforto e eficiência no fluxo de trabalho, além de prevenir problemas de saúde que podem surgir diante à exposição a poeira.

Já o segundo maior custo se refere ao trator 2A (Tabela 5), sendo o filtro de ar primário e secundário do motor que apresenta maior impacto na manutenção deste modelo. Os filtros de ar do motor retêm as impurezas presentes no ar, permitindo que o ar admitido para dentro da câmara de combustão esteja limpo, proporcionando o bom funcionamento motor (COSTA, 2015). Segundo o mesmo autor, o filtro primário detém a maior parte das impurezas, já o filtro secundário, denominado também como filtro de segurança, é um filtro extra que protege o motor em casos de não funcionamento do filtro primário.

Através da manutenção correta dos filtros de ar do motor, é possível prolongar significativamente a vida útil do mesmo, visto que, através das trocas periódicas o consumo de combustível é reduzido (MELLO, 2015), além de evitar o entupimento dos bicos injetores, perda de potência e superaquecimento do motor (COSTA, 2015).

É possível observar na Tabela 5 que para o modelo 2B o fluido de freio não é contabilizado nos custos de manutenção preventiva de 500 horas, isso porque o óleo utilizado é o mesmo do sistema hidráulico. No óleo do sistema hidráulico, são contabilizados dois baldes de 20 litros, entretanto, a capacidade do reservatório é menor que 40 litros, desta forma, a sobra desse óleo é suficiente para abastecer o reservatório do fluido de freio, sendo assim, o custo do fluido é contabilizado somente no custo de manutenção de 1000 horas, juntamente com o óleo hidráulico.

Apesar de um dos componentes não integrar aos custos, o modelo 2B não é o mais econômico, na qual apresenta o terceiro maior custo total de manutenção preventiva, sendo o aditivo do fluido de arrefecimento o item que mais impacta no referido custo (Tabela 5). O uso de aditivos em fluidos de arrefecimento é de fundamental importância para o correto funcionamento do sistema, prevenindo assim a formação de ferrugem e corrosão dentro do sistema, o que conseqüentemente contribui para indícios de vazamentos e conseqüente superaquecimento do motor, em virtude da falta de aditivo (CAMPOS *et al.*, 2009).

Já os modelos 2D e 2E, proporcionam os menores custos totais de manutenção, em que os maiores valores se referem ao filtro do sistema hidráulico (Tabela 5). Este elemento filtrante impede a passagem de contaminantes no circuito do sistema hidráulico, evitando a contaminação, o desgaste da bomba e obstrução dos orifícios das válvulas, sendo de vital importância, elevando a vida útil das peças deste sistema (ROMÃO, 2020).

Na Tabela 6, observa-se os custos totais de manutenção preventiva de 1000 horas, que variaram de R\$ 1.369,71 a R\$ 3.514,13, referente aos modelos 2D e 2B respectivamente, desta forma, a diferença encontrada entre os valores é de R\$ 2.144,42. A média entre os custos totais de manutenção, foi de R\$ 2.317,37, desta forma, o modelo 2B apresentou custo de manutenção de 51,6% maior, já o modelo 2D o custo foi de 40,9% menor que os demais tratores estudados na Classe II desta periodicidade.

Tabela 6 – Custo de manutenção preventiva de 1000 horas dos modelos estudados na classe II.

Manutenção 1000 horas	2A	2B	2C	2D	2E
Óleo dos redutores finais dianteiros	450,00	775,00	980,00	229,50	150,00
Óleo do sistema hidráulico	900,00	1550,00	980,00	561,00	1476,00
Filtro do sistema hidráulico	390,00	171,73	387,00	454,21	340,00
Óleo do sistema de transmissão	0,00	665,00	0,00	0,00	0,00
Filtro do sistema de transmissão	0,00	87,83	0,00	0,00	0,00
Correia de acionamento do ventilador do radiador	120,00	264,57	323,00	125,00	207,00
Custo total (R\$)*	1860,00	3514,13	2670,00	1369,71	2173,00

*Média dos custos totais = R\$ 2317,37

Fonte: Autor.

É possível observar na Tabela 6, que todos os modelos estudados na classe II, na periodicidade de 1000 horas, possuem como componente de maior impacto o óleo do sistema hidráulico. Além disso, os modelos 2A, 2C, 2D e 2E não contabilizam os custos do óleo do sistema de transmissão e do filtro do sistema de transmissão, isso pelo fato de que o sistema hidráulico dos modelos estudados possuem sistema de centro aberto.

De acordo com Marinho (2019), o sistema hidráulico possui dois tipos de sistema para controlar o fluxo e a pressão, sendo o sistema de centro aberto e o de centro fechado.

No sistema de centro aberto, a bomba hidráulica produz um fluxo contínuo do óleo que retorna ao reservatório quando o cilindro não estiver em operação (PADOVAN, 2018 apud GARCIA 2017), sendo este óleo, o mesmo empregado na lubrificação do sistema de transmissão (SANTOS, 2019). Já no sistema de centro fechado, o fluido não é devolvido ao tanque enquanto permanece sem atuar (BRITO, 2020), sendo que o fluido flui diretamente da bomba para o motor e retorna diretamente para a bomba, sem entrar em um reservatório.

Segundo Senar (2011), a maioria das marcas utiliza o mesmo óleo da transmissão para acionar o sistema hidráulico, enquanto outras marcas possuem reservatório e óleo específico para o sistema hidráulico.

Desta forma, no sistema de centro aberto é necessário apenas um reservatório para ambos sistemas, sendo assim, os custos do óleo e filtro de transmissão foram contabilizados juntamente com o óleo e filtro do sistema hidráulico (Tabela 6). Além disso, na Tabela 6, é possível observar que apenas o modelo 2B contabiliza o óleo e filtros do sistema de transmissão, devido ao fato de que o sistema de hidráulico possui centro fechado, justificando o fato deste modelo ter apresentado o maior custo de manutenção na periodicidade de 1000 horas dentro os modelos estudados na classe II.

De acordo com Loncarovich (2020), a manutenção do sistema de transmissão é fundamental para prolongar a vida útil dos componentes, visto que esse sistema tem a função de transmitir o torque, rotação e força gerada pelo motor para os rodados e para a tomada de potência.

Já o óleo lubrificante do sistema hidráulico possui a função de lubrificar os componentes do sistema, além de transmitir força e pressão para levantar as máquinas e implementos agrícolas do solo, mantendo o sistema em bom estado de funcionamento, garantindo maior vida útil (VARELLA, 2012).

Além do óleo do sistema hidráulico, o modelo 2C também apresenta como componente de maior impacto o óleo dos redutores finais dianteiro, com custo de R\$ 980,00 (Tabela 6). Conforme Varella (2012), a lubrificação é um dos itens da manutenção que deve ser tratado com atenção, tendo em vista que os óleos lubrificantes possuem como objetivo principal reduzir o atrito entre peças móveis dos mecanismos, sendo assim, a sua ausência pode causar prejuízos, como desgaste excessivo, superaquecimento ou até perda total de diversas peças da máquina.

Na Tabela 7, é possível observar os custos totais de manutenção preventiva dos modelos estudados na classe II em todos os períodos analisados. A diferença entre o maior e menor custo total foi de R\$ 3.126,49, sendo uma diferença significativa, visto que a manutenção realizada em ambos modelos são iguais.

Tabela 7 – Custos totais de manutenção preventiva dos modelos estudados na classe II.

Manutenções	2A	2B	2C	2D	2E
Manutenção de 250 horas	650,00	1005,13	2197,02	784,86	1386,00
Manutenção de 500 horas	1390,00	1339,37	1423,05	1009,01	1037,80
Manutenção de 1000 horas	1860,00	3514,13	2670,00	1369,71	2173,00
Custo total (R\$)*	3900,00	5858,63	6290,07	3163,58	4596,80

*Média dos custos totais = R\$ 4761,82

Fonte: Autor.

Com isso, para os modelos estudados na classe II, o modelo 2C apresentou o maior custo com R\$ 6.290,07, representando 32,09% a mais que a média de custos que foi de R\$ 4.761,82. O modelo 2B, também mostrou-se acima da média, com 23,03% dos custos maior que a média entre os modelos.

Já o modelo 2D, 2A e 2E, nesta ordem, apresentaram os menores custos de manutenção, com respectivamente 33,56%, 18,10% e 3,47% menor que a média entre os modelos estudados.

4.2 Custo de manutenção preventiva para os modelos da classe III

De posse dos resultados, foi possível analisar individualmente os custos de manutenção preventiva de tratores agrícolas da classe III, de acordo com a periodicidade e modelos estudados, indicando os principais componentes que mais impactam nos referidos custos.

Na Tabela 8 estão dispostos os custos de manutenção referente a periodicidade de 250 horas dos tratores da classe III, na qual, a diferença entre os custos dos modelos 3C e 3A, maior e menor custo total de manutenção preventiva respectivamente, chega a R\$ 1.412,02. Em relação a média dos custos totais desta periodicidade, foi de R\$ 1.349,56, desse modo, o modelo 3C apresentou custo de 62,80% a mais do que a média encontrada.

Tabela 8 – Custo de manutenção preventiva de 250 horas dos modelos estudados na classe III.

Manutenção 250 horas	3A	3B	3C	3D	3E
Filtros de combustível	200,00	604,02	1366,25	341,93	690,00
Óleo lubrificante do motor	500,00	698,00	688,25	488,00	555,00
Filtro de óleo do motor	85,00	115,94	142,52	137,89	135,00
Custo total (R\$)*	785,00	1417,96	2197,02	967,82	1380,00

*Média dos custos totais = R\$ 1349,56

Fonte: Autor.

É possível observar na Tabela 8, que os filtros de combustível é o componente que mais impacta nos custos do modelo 3C. Além disso, assim como nos modelos estudados na classe II, o custo dos filtros de combustível do modelo C na classe III, apresentou o maior custo deste item quando comparado aos outros modelos, sendo de R\$ 1.366,25, representando 113,33% a mais que a média de custos dos filtros de combustível, que foi de R\$ 640,44.

O combustível dos tratores são conduzidos desde a saída do depósito até os bicos injetores, desta forma, para evitar problemas durante o ciclo do sistema, os filtros de combustíveis retêm as partículas sólidas e a água que pode estar presente no combustível, evitando que os tubos condutores fiquem obstruídos ou ocorra a danificação da bomba injetora e os bicos injetores (CARVALHO; SARUGA, 2007).

Para o modelo 3E, o componente que mais impacta no referido custo diz respeito aos filtros de combustível, já para os modelos 3A, 3B e 3D, o óleo lubrificante do motor é o item que possui maior efeito nos custos totais de manutenção preventiva (Tabela 8).

Os motores de tratores agrícolas são equipados com inúmeras partes móveis e fixas que estão em constante movimento, como por exemplo os eixos, pistões e válvulas, desta forma, requerem lubrificação adequada para que possam apresentar um funcionamento pleno, diminuindo o desgaste dos componentes do motor e aumentando sua vida útil (COSTA; CUNHA; VARELLA, 2017).

Na Tabela 9, são apresentados os dados referentes ao custo de manutenção preventiva de 500 horas para os modelos da classe III. Dentre os modelos estudados nesta periodicidade, o modelo 3E atribui o menor custo total de manutenção preventiva, já o modelo 3A o maior custo, apresentando uma discrepância entre os custos destes modelos, de R\$ 1.330,20. Em relação à média entre os custos totais desta manutenção, o valor é de R\$ 1.885,62, na qual o modelo 3A apresentou custo de 33,64% a mais que a média dos modelos analisados, já o modelo 3E, 36,90% a menos.

Tabela 9 – Custo de manutenção preventiva de 500 horas dos modelos estudados na classe III.

Manutenção 500 horas	3A	3B	3C	3D	3E
Aditivo do fluído de arrefecimento	450,00	665,00	509,40	49,20	392,00
Filtros de ar da cabine	650,00	439,18	286,00	207,06	90,00
Fluído de freio	130,00	0,00	24,00	91,00	37,80
Filtro de ar primário e secundário do motor	500,00	587,40	328,00	407,54	320,00
Filtro do sistema hidráulico	790,00	383,80	660,00	1080,72	350,00
Custo total (R\$)*	2520,00	2075,38	1807,40	1835,52	1189,80

*Média dos custos totais = R\$ 1885,62

Fonte: Autor.

É possível observar na Tabela 9, que o modelo 3A possui o maior custo de manutenção com R\$ 2.520,00, na qual o item com maior impacto no custo total refere-se ao filtro do sistema hidráulico. Além disso, ambos modelos, 3C e 3D, também possuem como componente de maior impacto nos custos de manutenção.

O sistema hidráulico possibilita a maior parte dos trabalhos com implementos agrícolas, sendo considerado um dos mecanismos mais importantes do trator agrícola (GARCIA; VASCONCELOS JUNIOR, 2016), com isso, a manutenção do filtro é fundamental para manter o sistema livre de todo o tipo de impurezas que o conspurquem, evitando danos ao sistema (CARVALHO; SARUGA, 2007).

Os modelos 3B e 3E, apresentam o aditivo do fluído de arrefecimento como maior custo de manutenção para estes tratores (Tabela 9). O sistema de arrefecimento realiza a manutenção da temperatura de trabalho dos sistemas do trator, sendo de extrema importância para que o motor possa desempenhar máxima eficiência, com isso, para o correto funcionamento deve-se manter o nível adequado do fluido (PINHEIRO *et al.*, 2018), além de utilizar aditivos, evitando principalmente o superaquecimento (TOLEDO; ARAUJO, 2018).

Pode-se observar na Tabela 9, que o modelo 3B não contabiliza os custos com fluido de freio, bem como o modelo 2B citado no item 4.1 deste trabalho, sendo contabilizado somente na manutenção de 1000 horas, juntamente com óleo do sistema hidráulico.

O fluído de freio é injetado em tubulações e cilindros, acionando os mecanismos de frenagem, com o intuito de reduzir a velocidade ou efetuar a parada da máquina (SENAR, 2011). Além disso, o fluido de freio é fundamental para lubrificar o sistema de freio dos tratores, protegendo os componentes contra a corrosão (SILVA, 2017), em vista disso, a manutenção é fundamental para garantir o correto funcionamento do sistema e segurança ao operador.

A Tabela 10 apresenta os dados referentes ao custo de manutenção preventiva de tratores agrícolas na periodicidade de 1000 horas dos modelos estudados na classe III. Neste caso, o modelo com maior custo total de manutenção se faz referência ao modelo 3A com R\$ 5.840,00, sendo que ao comparar com o modelo 3C (menor custo), a diferença de custos chega a R\$ 2.495,00. A média dos custos totais desta periodicidade foi de R\$ 4.541,91, dessa maneira, o modelo 3A apresentou custo de 28,58% a mais que a média, já o modelo 3C, o custo foi de 26,35% menor que a média.

Tabela 10 – Custo de manutenção preventiva de 1000 horas dos modelos estudados na classe III.

Manutenção 1000 horas	3A	3B	3C	3D	3E
Óleo dos redutores finais dianteiros	450,00	775,00	980,00	229,50	75,00
Óleo do sistema hidráulico	1800,00	1550,00	1484,00	561,00	3240,00
Filtro do sistema hidráulico	790,00	383,80	660,00	1080,72	350,00
Óleo do sistema de transmissão	1800,00	665,00	0,00	561,00	1743,00
Filtro do sistema de transmissão	790,00	239,89	0,00	1080,72	160,00
Correia de acionamento do ventilador do radiador	210,00	194,40	221,00	392,50	243,00
Custo total (R\$)*	5840,00	3808,09	3345,00	3905,44	5811,00

*Média dos custos totais = R\$ 4541,91

Fonte: Autor.

Conforme a Tabela 10, observa-se que o óleo do sistema hidráulico e o óleo do sistema de transmissão foram os componentes que apresentaram maior impacto nos custos do modelo 3A, já para os modelos 3B, 3C e 3E, somente o óleo do sistema hidráulico. Nota-se também que o modelo 3C não contabiliza os custos do óleo e filtro do sistema de transmissão, devido ao fato de que o modelo possui o sistema hidráulico de centro aberto, fazendo com que seus custos estejam incluídos no óleo e filtro do sistema hidráulico, tendo somente um reservatório e um filtro no sistema.

De acordo com Bertollo *et al.* (2017), os lubrificantes estão presentes em diferentes sistemas e componentes móveis das máquinas, visando principalmente diminuir a resistência provocada pelo atrito, proteção contra desgaste e corrosão, auxílio na vedação, dentre outros benefícios. Os mesmos autores afirmam que a reposição ou substituição dos óleos lubrificantes é indispensável para que as propriedades físico-químicas dos óleos sejam mantidas e os componentes possam desempenhar suas funções, além de elevar sua vida útil, evitando contratempos indesejáveis durante as operações e reduzir os custos com manutenção.

Para o modelo 3D, o filtro do sistema hidráulico e o filtro do sistema de transmissão apresentaram o maior custo de manutenção nesta periodicidade, sendo que o óleo dos redutores finais dianteiros e a correia de acionamento do ventilador não tiveram grande significância nos custos para os modelos estudados na classe III (Tabela 10).

Segundo Loncarovich (2020), o sistema hidráulico é responsável por transportar e regular o fluxo de óleo para o acionamento de pistões ou motores hidráulicos, já o sistema de transmissão transmite o torque, rotação e força gerada pelo motor para os rodados e para a tomada de potência. Desta forma, Romão (2020) afirma que os elementos filtrantes devem impedir a passagem de contaminantes para o circuito, além de garantir que a vazão de óleo necessária flua sem interrupções para cumprir suas tarefas. Com isso, a manutenção deste sistema e de outros, é fundamental para prolongar a vida útil dos seus componentes, mantendo-os em pleno funcionamento.

Em relação a correia de acionamento do ventilador, Mombach (2014) afirma que os ventiladores mecânicos são acionados por uma correia, formando assim, um fluxo de ar. De acordo com Alves, Clems e Karpinski (2015), o radiador integra o sistema de arrefecimento, tendo como finalidade, absorver o excesso de energia térmica produzida durante a combustão, desta forma, o mau funcionamento do sistema pode ocasionar sérios danos ao motor, podendo até mesmo fundi-lo. Desta forma, os mesmos autores afirmam que o bom funcionamento do sistema de arrefecimento é de suma importância, tendo em vista que o desempenho e a vida dos componentes internos e consumo de combustível, são afetados quando o motor opera fora da faixa de temperatura.

Os custos totais de manutenção preventiva dos modelos estudados na classe III em todos os períodos analisados são apresentados na Tabela 11, na qual, a diferença entre o maior e menor custo total, representa R\$ 2.784,64, uma diferença menor do que a encontrada nos custos totais da classe II.

Tabela 11 – Custos totais de manutenção preventiva dos modelos estudados na classe III.

Manutenções	3A	3B	3C	3D	3E
Manutenção de 250 horas	785,00	1417,96	2197,02	967,82	1380,00
Manutenção de 500 horas	2520,00	2075,38	1807,40	1835,52	1189,80
Manutenção de 1000 horas	5840,00	3808,09	3345,00	3905,44	5811,00
Custo total (R\$)*	9145,00	7301,43	7349,42	6708,78	8380,80

*Média dos custos totais = R\$ 7777,09

Fonte: Autor.

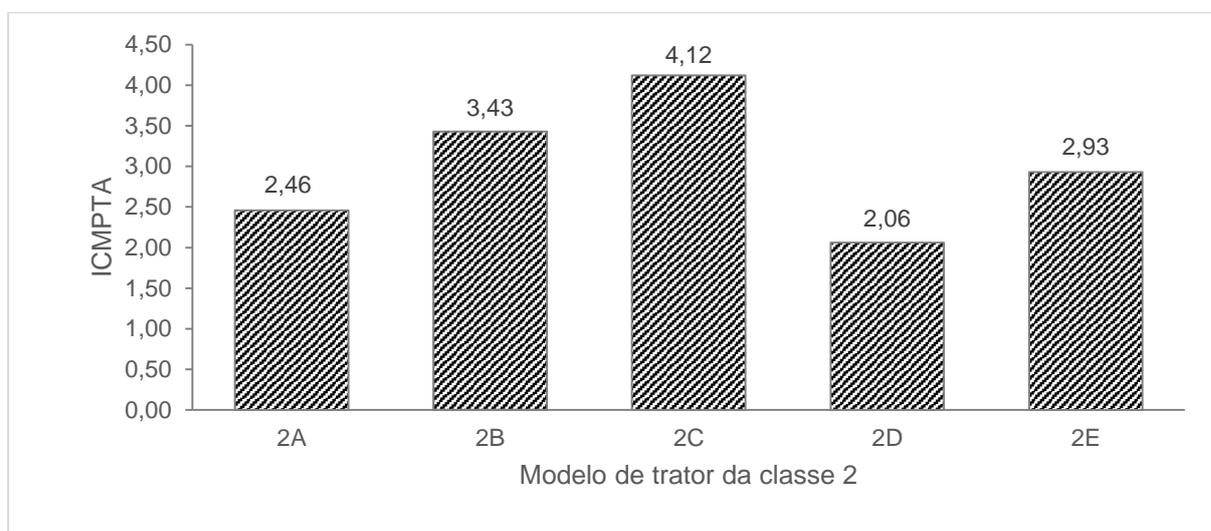
A média dos custos totais é de R\$ 7.777,09, desta forma, os modelos 3A e 3E, apresentaram custos acima da média, com respectivamente 17,59% e 7,76% a mais que a média encontrada. Já os modelos 3B, 3C e 3D, apresentaram custos abaixo da média, sendo que o modelo 3D mostrou-se o mais econômico na manutenção preventiva dos tratores da classe III, representando 13,74% a menos que a média. Já para os modelos 3B e 3C, o custo foi de 6,12% e 5,50% a menos que a média, respectivamente.

De acordo com Gimenez, Milan e Romanelli (2016), a manutenção adequada dos tratores é uma das medidas mais efetivas para evitar os custos diretos, relacionados a quebras e às substituições de peças, e custos indiretos, relacionados a indisponibilidade do equipamento no momento em que seu uso é necessário.

4.3 Índice de custo de manutenção preventiva de tratores agrícolas

Com base nos resultados obtidos de custo de manutenção preventiva para os modelos estudados na classe II, calculou-se o índice de custo de manutenção preventiva de tratores agrícolas (ICMPTA) para cada modelo, chegando a valores médios variando de 2,06 a 4,12, como ilustrado no gráfico de barras abaixo (Figura 3). Pode-se observar que o gráfico possui concordância com os valores da Tabela 7, mostrando que o maior e menor ICMPTA encontrado nos modelos da classe II, se referem aos modelos 2C e 2D.

Figura 3 – Índice do custo de manutenção preventiva dos tratores agrícolas da classe II.

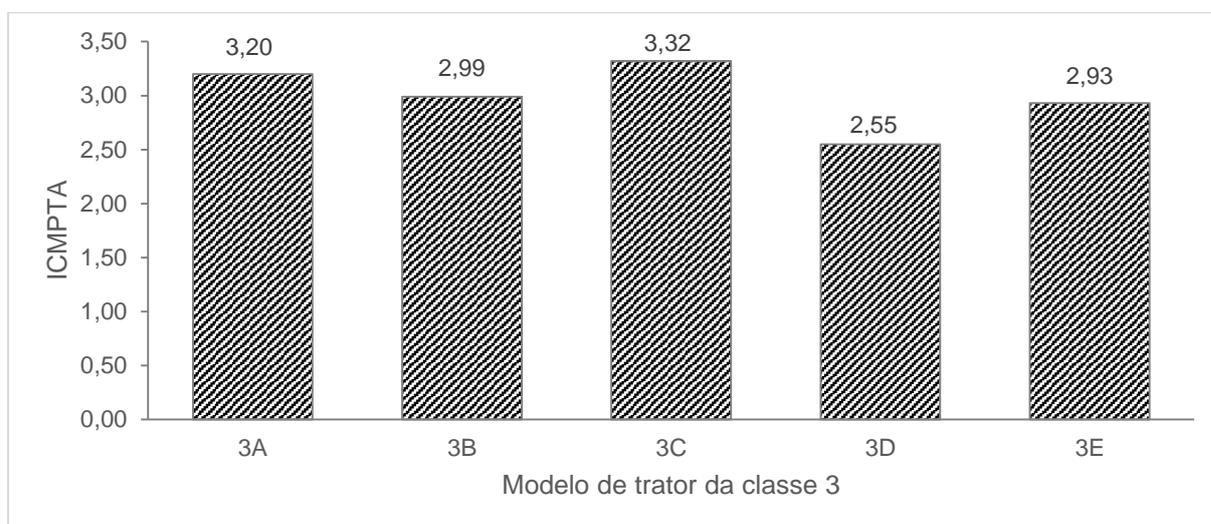


Fonte: Autor.

De acordo com a Figura 4, é possível observar que o índice de custo de manutenção preventiva de tratores agrícolas dos modelos da classe III variaram de 2,55 a 3,32. Pode-se observar, que o menor índice encontrado foi o modelo 2D sendo, desta forma, considerado o exemplar com a manutenção mais econômica dentre os modelos estudados na classe III.

De acordo com a Tabela 11, o modelo mais oneroso foi o modelo 3A, entretanto o modelo 3C apresentou o maior índice de manutenção na classe III (Figura 4). Este aumento do índice de manutenção do modelo 3C, pode ser explicado devido ao elevado custo na periodicidade de 250 horas quando comparado aos outros modelos (Tabela 8), o que conseqüentemente elevou a média dos custos de manutenção preventiva de 250 horas, elevando também o índice do modelo 3C.

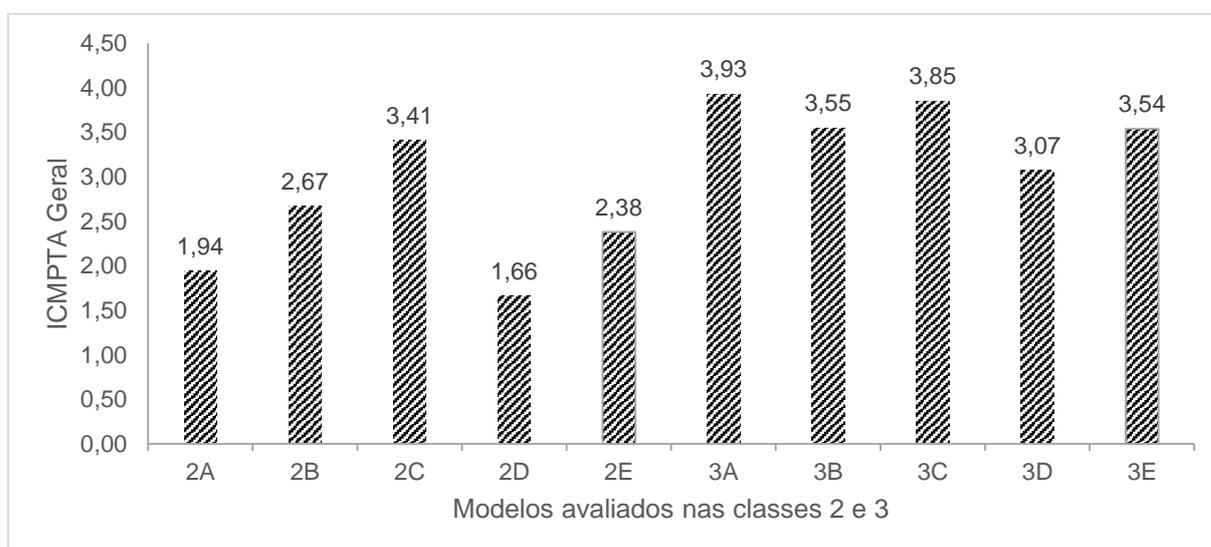
Figura 4 – Índice do custo de manutenção preventiva dos tratores agrícolas da classe III.



Fonte: Autor.

Através dos resultados obtidos dos custos de manutenção preventiva de todos os modelos estudados e em todas as periodicidades, foi possível calcular o índice geral de custo de manutenção preventiva de tratores agrícolas, como ilustrado na Figura 5. Pode-se observar que o índice geral da Figura 5 apresenta valores diferentes dos índices encontrados nas Figuras 3 e 4, visto que o índice geral foi calculado novamente considerando todos os custos em conjunto, alterando assim a média das periodicidades.

Figura 5 – Índice geral do custo de manutenção preventiva de todos os modelos estudados.



Fonte: Autor.

Vale ressaltar que quanto maior o índice, maior o custo de manutenção, desta forma, é possível observar na Figura 5, que os maiores custos referem-se aos modelos da classe III, com exceção do modelo 2C que possui o quinto maior índice de custo de manutenção.

Em relação a classe II, no índice geral do custo de manutenção (Figura 5), o modelo 2D apresentou o menor índice de 1,66 e o modelo 2C o maior com 3,41. Já na classe III, o menor e maior índice encontrado, se referem aos modelos 3D e 3A, com índices de respectivamente 3,07 e 3,93.

Entre todos os modelos estudados, o modelo 2D apresentou o menor custo total de manutenção preventiva com R\$ 3.163,58, já o modelo 3A apresentou o maior custo de manutenção, com R\$ 9.145,00. A essa diferença entre estes custos chega a R\$ 5.981,42, representando um acréscimo de 189,07% em relação ao modelo 2D, sendo esta uma diferença extremamente significativa de custos.

Segundo Lambrecht *et al.* (2015), os custos de manutenção de tratores são influenciados pelo aumento da potência do motor, sendo que quando maior a potência maior o custo de manutenção. Desta forma, pode ser confirmado pela Figura 5, na qual fica evidente o acréscimo dos custos em relação a potência dos modelos de tratores analisados neste trabalho.

4.4 Periodicidade da manutenção recomendada pelos fabricantes

De posse dos dados, foi possível estudar a periodicidade das manutenções preventivas recomendadas pelos fabricantes de tratores agrícolas das marcas que compõem este trabalho.

A periodicidade média geral para os modelos estudados foi de 346,0 horas (Tabela 12). Ainda na Tabela 12 é possível observar que, entre os 10 modelos analisados, 50% dos modelos apresentaram periodicidade acima da média e 50% abaixo da média, sendo que algumas marcas utilizam a mesma periodicidade para ambos os modelos. Com isso, pode-se notar que os tratores A e D apresentaram periodicidade maior que a média geral, já os tratores B e E a periodicidade está abaixo da periodicidade média geral. Em relação aos tratores C, o modelo da classe 2 apresentou periodicidade acima da média, já o modelo da classe 3 abaixo.

Tabela 12 – Periodicidade de manutenção preventiva recomendada pelos fabricantes e índice de periodicidade de manutenção.

Modelo	Periodicidade recomendada (h)					Pm (h)	Pmg (h)	IPM
2A	250	250	500	500	500	400		1,16
3A	250	250	500	500	500	400		1,16
2B	100	350	350	350	350	300		0,87
3B	100	250	400	400	350	300		0,87
2C	50	200	150	400	1200	400		1,16
3C	100	300	400	400	400	320	346,0	0,92
2D	350	350	350	350	350	350		1,01
3D	350	350	350	350	350	350		1,01
2E	50	350	400	400	400	320		0,92
3E	50	350	400	400	400	320		0,92

*Pm: Periodicidade média (h); Pmg: Periodicidade média geral (h); IPM: Índice de periodicidade de manutenção.

Fonte: Autor.

De acordo com Gimenez, Milan e Romanelli (2016), alguns fabricantes elevam as periodicidades de manutenção com o objetivo de maximizar o tempo de uso e disponibilidade da máquina agrícola, entretanto, se faz necessário utilizar componentes mais avançados.

Em relação aos índices de periodicidade de manutenção, vale ressaltar, que índices acima de 1 indicam que a periodicidade está acima da média, na qual a manutenção preventiva é realizada em períodos mais longos, caso contrário, índices abaixo de 1 indicam que a periodicidade encontra-se abaixo da média, em que as manutenções são mais frequentes.

Com isso, observa-se na Tabela 12, que os modelos 2A, 3A e 2C apresentaram o mesmo índice de periodicidade de 1,16, sendo este o maior índice entre os modelos estudados, estando acima da média. Os modelos 2D e 3D apresentaram índice de 1,01, estando também acima da média, porém, mais próximos da média de periodicidade que os modelos citados anteriormente.

Os modelos 3C, 2E e 3E, apresentam índice de 0,92, permanecendo abaixo da média, mas próximo de 1, já os modelos 2B e 3B exibiram o menor índice de periodicidade de 0,87, sendo assim, as manutenções são realizadas com maior frequência, quando comparado aos outros modelos (Tabela 12).

Segundo Padovan, Anjos e Netto (2010), o período de manutenção preventiva de tratores agrícolas varia de marca para marca, sendo que quando realizada corretamente, garante melhor aproveitamento da máquina, maximizando sua vida útil, resultando em operações com qualidade e menor custo operacional.

Além disso, Neto (2014), afirma que as paradas periódicas possuem a finalidade de emitir reparos programados, assegurando o funcionamento perfeito da máquina por um tempo pré-determinado, colaborando com o produtor, principalmente através da redução dos custos, aumento da qualidade do produto e vida útil dos equipamentos, além de benefícios que a manutenção preventiva pode proporcionar.

Desta forma, os tratores agrícolas necessitam de manutenções contínuas ao longo da sua vida útil, necessitando de planos de manutenção recomendados pelo fabricante, especificando as ações a serem realizadas desde intervalos diários até milhares de horas de uso (GIMENEZ; MILAN; ROMANELLI, 2016).

5 CONCLUSÕES

Os custos de manutenção preventiva possuem variações de acordo com os modelos estudados, sendo que, conforme previsto, os modelos de maior potência (classe III) apresentam maior custo de manutenção quando comparado aos modelos da classe II, de menor potência.

A marca comercial que apresentou o menor índice de custo de manutenção para a classe II foi a mesma para a classe III, indicando que esta apresenta o menor custo de manutenção independente da classe estudada.

A marca comercial que apresentou o maior custo de manutenção na classe II, foi diferente da marca encontrada na classe III, assim como os índices encontrados.

A periodicidade das manutenções apresenta variações de acordo com a marca e em alguns casos entre os modelos, sendo assim, deve-se seguir a periodicidade e componentes recomendados pelo fabricante, a fim de prolongar a vida útil dos equipamentos.

Conclui-se também, que a utilização da teoria dos números índices foi satisfatória, podendo ser utilizada como parâmetro de caracterização para análise de dados em estudos relacionados à área de máquinas agrícolas.

REFERÊNCIAS

- ALONÇO, P. do A.; ALONÇO, A. dos S.; FRANCKETTO, T. R.; CARPES, D. P. Transmissões utilizadas em tratores. **Cultivar Máquinas**, v. 15, n. 171, p. 18-20, 2017.
- ALVES, E.; CLEMS, E. F.; KARPINSKI, T. C. **Documentação e implementação de manual de operação e procedimento de manutenção de grupo motor gerador diesel**. 2015. 103 f. Trabalho de conclusão de curso (Curso superior em Tecnologia em Automação Industrial) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.
- ASSIS, L. E. de M. **Avaliação experimental do impacto da extensão do intervalo de drenagem de óleo lubrificante com classificação API CI para motor ciclo diesel**. 2016. 80 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Tecnologia Industrial) - Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Salvador, 2016.
- BAIO, F. H. R.; RODRIGUES, A. D.; SANTOS, G. S. dos; SILVA, S. P. da. Modelagem matemática para seleção de conjuntos mecanizados agrícolas pelo menor custo operacional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 402-410, 2013.
- BAMAQ MÁQUINAS. **Manutenção preventiva de máquinas**: entenda como funciona. 2021. Disponível em: <<https://www.bamaqmaquinas.com.br/blog/manutencao-preventiva-de-maquinas-entenda-como-funciona/>>. Acesso em: 13 set. 2021.
- BARBOSA, L. P.; ALVES E SILVA, G.; SIQUEIRA W. da C.; ANJOS, D. C. A. dos; GONÇALVES, B. C.; ABRAHÃO, S. A. Análise de custo de trator e implementos utilizados em preparo convencional. *In*: I SIMPÓSIO MATO-GROSSENSE DE MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA E AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2018, Mato Grosso. **Anais [...]** Mato Grosso: Universidade Federal de Mato Grosso, 2018. Disponível em: <http://www.lapmec.com.br/upload/mod_publicacoes/262/5b3e68278199f.pdf>. Acesso em: 07 set. 2021.
- BARICELO, L. G.; VIAN, C. E. de F. Indústria de máquinas agrícolas: um panorama histórico da formação ao atual estágio de desenvolvimento. **História e Economia**, v. 22, n. 1, p. 31-44, 2019.
- BERTÊ, A. M. A.; LEMOS, B. O.; TESTA, G.; ZANELLA, M. A. R.; OLIVEIRA, S. B. Perfil Socioeconômico - COREDE Fronteira Oeste. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, n. 26, p. 296-335, 2016.
- BERTOLLO, G. M.; FARIAS, M. S. de; SANTOS, G. O. dos; DRUZIAN, E. L. Lubrificantes: A vida útil da máquina depende deles. **Revista A Granja**, ed. 818, 2017.
- BEZERRA, J. H. P. **Sistema de ajuste automático de bitola para tratores agrícolas de esteiras**. 2018. 104 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

BRITO, C. M. de. Cuidados com válvulas. **Cultivar máquinas**, v. 14, n. 162, p. 20-21, 2020.

BUENO, M. da S.; KOTSCHAN, D.; VIZINONI, R. V.; KLIMEK, A. F.; OLIVEIRA, A. de. Manutenção preventiva: um estudo de caso em uma revendedora de maquinários agrícolas da região dos Campos Gerais. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, n. 1, 2011, Ponta Grossa. **Anais [...]** Ponta Grossa: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2011.

CAMPOS, D. S; SILVA, R. H. DA; MAGNO, R. G; SOARES, G. A; SILVA, H. B; COELHO, H; COSTA, R. C. Levantamento qualitativo de tratores e suas principais manutenções na região do município de Bambuí – MG. *In*: II Semana de Ciências e Tecnologia do IFMG campus Bambuí e II Jornada Científica, n. 2, 2009, Bambuí. Bambuí: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, 2009. Disponível em: <https://bambui.ifmg.edu.br/jornada_cientifica/sct/trabalhos/Controle%20e%20Processos%20Industriais/166-PT-2.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2022.

CARVALHO, N. B.; PIRES, M. de M.; GOMES, A. da S. Capital humano e tecnologia: análise da produtividade agrícola da Bahia. **Campo-território: revista de geografia agrária**, v. 11, n. 24, p. 265-288, 2017.

CARVALHO, R. F. de; SARUGA, F. J. B. **Manual de mecanização agrícola: Motores e Tratores**. Lisboa: Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR), 2007. v. 1.

CATARINO, V. A. L. **Análise dos modos de falha e seus efeitos (FMEA) aplicada a uma varredoura urbana compacta**. 2018. 67 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2018.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Custos de produção agrícola: a metodologia da Conab**. Brasília, 2010. 60 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/images/arquivos/informacoes_agricolas/metodologia_custo_producao.pdf>. Acesso em: 07 set. 2021.

CORRÊA, I. M. Tração ideal. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, v. 11, p. 31-34, 2001.

CORREIA, F. E. P. **Sistema para manutenção preventiva de academias de ginástica**. 2016. 45 f. Monografia (Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Campina Grande, Sumé, 2016.

COSTA, A. G.; CUNHA, J. P. B.; VARELLA, C. A. A. Lubrificação de motores em máquinas agrícolas. **Cultivar máquinas**, v. 14, n. 169, p. 35-37, 2017.

COSTA, B. D. **Estudo de caso da melhoria da eficiência do sistema de pré-filtragem de ar para tratores de grande porte e alta potência**. 2015. 75 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

CUGNASCA, C. E.; SARAIVA, A. M. Eletrônica a serviço do produtor. **Revista A Granja**, ed. 677, 2005.

DALL'AGNESE, M. A. **Análise da confiabilidade da manutenção em tratores de uma empresa de produção agrícola**. 2020. 20 f. Monografia de Trabalho de Conclusão do Curso (Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.

FARIAS, M. S. de. **Avaliação de motores de tratores agrícolas utilizando dinamômetro móvel**. 2014. 162 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

FARIAS, M. S. de; SCHLOSSER, J. F.; LINARES, P. Potência transmitida. **Cultivar Máquinas**, v. 13, n. 149, p. 05-07, 2015.

FEIX, R. D.; LEUSIN JÚNIOR, S.; AGRANONIK; C. **Painel do agronegócio no Rio Grande do Sul - 2016**. Porto Alegre: Fundação de Economia e Estatística, 2016.

FERREIRA, P. H. A. **Estudo das contribuições da manutenção centrada na confiabilidade na implementação do perfil de perdas com auxílio do *business intelligence*: o caso da manutenção de equipamentos móveis de uma empresa de mineração**. 2021. 110 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2021.

FINGER, G. S. W.; MATOS, J. F. **Conjunto de dados de veículos utilizados na colheita e transporte da cana-de-açúcar para inventário de ciclo de vida: estudo de caso**. 2015. 124 f. Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

FOLLE, S. M.; FRANZ, C. A. B. **Trator Agrícola: Características e fundamentos para sua seleção**. Embrapa-CPAC, Planaltina, v. 31, n. 31, p. 1-24, 1990.

FORASTIERE, P. R. **Parâmetros de desempenho do trator agrícola modificado "Transformax"**. 2016. 78 f. Dissertação (Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

GALÉ, M. T. **Aplicabilidade de análise de fluidos como manutenção preditiva em maquinário agrícola com estudo de casos visando economia em manutenção corretiva**. 2019. 27 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

GAMEIRO, A. H. **Índices de preço para o transporte de cargas: o caso da soja a granel**. 2003. 284 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

GARCIA, F. R. Motores - turbocompressor e intercooler aliados dos motores diesel. **Cultivar Máquinas**, v. 18, n. 203, p. 49-51, 2020.

GARCIA, R. F.; VASCONCELOS JUNIOR, J. F. S. Uso correto. **Cultivar Máquinas**, v. 14, n. 162, p. 22-24, 2016.

GIMENEZ, L. M.; MILAN, M.; ROMANELLI, T. L. Hora de cuidar. **Cultivar Máquinas**, v. 14, n. 162, p. 16-19, 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017**. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=43&tema=76518>. Acesso em: 13 set. 2021.

JASPER, S. P.; SILVA, R. A. P. Estudo comparativo do custo operacional horário da mecanização agrícola utilizando duas metodologias para o estado de São Paulo. **Revista Nucleus**, v. 10, n. 2, 2013.

JUNGER, A. P.; DIOTTO, R. Sustentabilidade e Política Pública para Contaminantes no Brasil. **Research, Society and Development**, v. 7, n. 6, p. 01-18, 2018.

LAMBRECHT, E.; BERNARDI, A.; CUSTÓDIO, T.; FERREIRA, M. F.; REIS, A. V. dos. Custo de manutenção preventiva para tratores em função do tipo de tração e categoria do sistema hidráulico. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 270-277, 2015.

LEGNER, C. Filtros para maquinários agrícolas. **Revista e Portal Meio filtrante**, n. 10, 2021.

LONCAROVICH, R. F. **Manutenção de tratores agrícolas**. SENAR AR/PR: Curitiba. 2020. 147 p.

LOURES, F. A. **Desenvolvimento de um sistema de aquisição de dados utilizando plataforma arduino para avaliação de patinagem em tratores agrícolas**. 2017. 59 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2017.

MACHADO, M. V. M. **Estudo de números índices e correlação entre política cambial e contas externas do Brasil na década de 2000**. 2012. 76 f. Monografia (Especialista em Estatística) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

MARASCA, I. Aplicativo para manutenção de tratores agrícolas. **Tekhne e Logos**, Botucatu, SP, v. 11, n. 3, p. 31-41, 2020.

MARCON, C. A.; THOMAZ, M. R.; BRESCIANI, D. Implantação da manutenção preventiva em uma metalúrgica do oeste de Santa Catarina. **Revista Tecnológica**, v. 9, n. 1, p. 264-280, 2019.

MARINHO, G. Centro Aberto vs Centro Fechado em Sistema Hidráulico. **Hidráulica & Pneumática**, 2019. Disponível em: <<https://hidraulicaepneumatica.com/centro-aberto-vs-centro-fechado-em-sistemas-hidraulicos/>>. Acesso em: 17 mar. 2022.

MASCARIN, A. L. C; ZYLBERSZTAJN, D. Estudo sobre os custos operacionais da colheita mecanizada na escolha dos arranjos institucionais. **Custos e Agronegócio**, Recife, v. 12, n. 2, p. 171-190, 2016.

MATOS, M. A. **Modelo informatizado para o planejamento operacional e econômico de sistemas mecanizados com a consideração da pontualidade**. 2007. 88 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.

MELLO, M. F. de; SCHLOSSER, J. F.; CERVO, H. Z. A tomada de decisão baseada em atributos que influenciam a compra de máquinas agrícolas. **Saber Humano**, v. 9, n. 15, p. 149-168, 2019.

MELLO, R. da C. Ar puro para o motor. **Cultivar Máquinas**, v. 13, n. 157, p. 06-07, 2015.

MERCANTE, E.; SOUZA, E. G. de; JOHANN, J. A.; FILHO, A. G.; MIGUEL A. URIBE-OPAZO, M. A. PRAPRAG - software para planejamento racional de máquinas agrícolas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 322-333, 2010.

MOMBACH, T. A. **Dimensionamento de um trocador de calor para vaporização de etanol operando como combustível de um motor de combustão interna**. 2014. 41 f. Trabalho final de curso (Bacharel em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Horizontina, Horizontina, 2014.

NETO, U. A. da S. **A qualidade da manutenção: estudo de caso em tratores Jhon Deere**. 2014. 37 f. Monografia (Bacharel Engenheiro Mecânico) - Universidade de Rio Verde, Rio Verde, 2014.

OLIVEIRA, M. D. M. **Custo operacional e ponto de renovação de tratores agrícolas de pneus: avaliação de uma frota**. 2000. 147 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2000.

PACHECO, E. P. **Seleção e custo operacional de máquinas agrícolas**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2000. 21p. (Embrapa Acre. Documentos, 58).

PADOVAN, L. A. **Operação de tratores Agrícolas**. Curitiba: Senar AR-PR, 2018. 196 p.

PADOVAN, L. A.; ANJOS, H. S. dos; NETTO, J. L. **Manutenção de tratores agrícolas**. SENAR AR/SP: São Paulo. 2010. 74 p.

PIACENTINI, L.; SOUZA, E. G. de; URIBE-OPAZO, M. A.; NÓBREGA, L. H. P.; MILAN, M. Software para estimativa do custo operacional de máquinas agrícolas - MAQCONTROL. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 3, p. 609-623, 2012.

PINHEIRO, E. D.; GINAK, S.; NUNES, K. F. W.; BARBIERI, J. P.; SANTOS, G. O. dos. Como um relógio. **Cultivar máquinas**, v. 15, n. 180, p. 32-35, 2018.

RIBEIRO, R. R. M.; RAFFA, L. R.; MATTIELLO, K.; OLIVEIRA, N. C. de; SOARES, A. C. de C. O processo de financiamento da atividade rural e os resultados obtidos na visão da gestão de custos. *In: Congresso Brasileiro de Custos*, n. 25, 2018, Vitória. **Anais do XXV Congresso Brasileiro de Custos - ABC**. Vitória: Universidade Estadual de Maringá, 2018.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria do Planejamento, Mobilidade e Desenvolvimento Regional. **Perfil Socioeconômico do COREDE Fronteira Oeste**. Porto Alegre, 2015. Disponível em: <<https://planejamento.rs.gov.br/upload/arquivos/201512/15134130-20151117101627perfis-regionais-2015-fronteira-oeste.pdf>>. Acesso em: 13 de set. de 2021.

ROCHA, R. Alegrete-RS. 2016. Disponível em: <<http://romeurocha.com.br/alegrete-rs/>>. Acesso em: 06 abr. 2021.

RODRIGUES, C. K. **Colheita e transporte florestal**. 1 Ed. Curitiba, PR. 2018. 68 p.

ROMÃO, I. H. **Desenvolvimento de uma bancada de testes para verificação de estanqueidade e funcionamento de válvulas em comandos hidráulicos**. 2020. 30 f. Artigo (Bacharel Engenheiro Mecânico) – Centro Universitário de Maringá, Maringá, 2020.

SALVIANO, T. H. **Projeto informacional de um mecanismo para ajustar automaticamente a bitola das esteiras de um trator**. 2016. 49 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

SANTI, L.; KNIERIM, L. F.; BOCK, R.; DALCIN, C. do N. A.; DIAS, V. de O. Marcas comerciais de semeadoras e tratores agrícolas presentes na região da fronteira oeste do RS. *In: 10º SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO*, 2018, Santana do Livramento. **Anais [...]** Santana do Livramento: Universidade Federal do Pampa, 2018. Disponível em: <https://guri.unipampa.edu.br/uploads/evt/arq_trabalhos/18032/seer_18032.pdf>. Acesso em: 05 out. 2021.

SANTOS, D. Especial trator: como funciona o mecanismo da força hidráulica. **Máquinas e Inovações Agrícolas**, 2019. Disponível em: <<https://portalmaquinasagricolas.com.br/especial-trator-como-funciona-o-mecanismo-da-forca-hidraulica/>>. Acesso em: 17 mar. 2022.

SANTOS, M. A. M. dos. **Desempenho operacional e energético de um protótipo de quadriciclo agrícola em pista de concreto em função da rotação da macha e carga aplicada na barra de tração**. 2017. 67 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.
SANTOS, L. N. dos; FERNADES, H. C.; SILVA, M. L. da; TEIXEIRA, M. M.; SOUZA, A. P. de. Avaliação de custos da operação de extração da madeira com forwarder. **Cerne**, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 27-34, 2016.

SENAR – Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Mecanização: operação de tratores agrícolas**. Coleção SENAR 177. Serviço Nacional de Aprendizagem rural. Brasília: SENAR, 2017. 192 p.

SENAR – Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Tratores Agrícolas: manutenção de tratores agrícolas**. Coleção SENAR 130. Serviço Nacional de Aprendizagem rural. Brasília: SENAR, 2011. 188 p.

SILVA, B. A. da; WINCK, C. A. Evolução da quantidade de máquinas e implementos agrícolas nas propriedades rurais brasileiras (1960-2017). **Revista Visão: Gestão Organizacional**, Caçador, v. 8, n. 1, p. 174-188, 2019.

SILVA, J. C. da. **Os instrumentos do trabalho rural como testemunhos da modernização agrícola e do desenvolvimento socioeconômico do Estado de São Paulo**. 2011. 154 f. Dissertação (Mestrado em Ciência, Tecnologia e Sociedade) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

SILVA, M. R. da; DANIEL, L. A.; PECHE FILHO, A. Uso da teoria de números índices para adequação de semeadoras-adubadoras de precisão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 2, p. 222-229, 2007.

SILVA FILHO, A. O. da. **A importância da lubrificação nas máquinas e motores**. 2017. 48 f. Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso (Aperfeiçoamento para Oficinas de Máquinas) - Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, Rio de Janeiro, 2017.

SOEIRO, V. M. N. **Manutenção de máquinas florestais na colheita mecanizada: a busca para obter a melhor disponibilidade mecânica**. 2012. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Gestão Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

TATSCH, M. P. **Modelo de referência para o processo de gestão da produção agrícola: ênfase na mecanização**. 2015. 161 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

TOLEDO, B. N. de; ARAUJO, N. de J. **Caracterização de materiais poliméricos utilizados em componentes automotivos**. 2018. 62 f. Monografia (Certificado do curso de Engenharia Mecânica) - Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté, Taubaté, 2018.

VARELLA, C. A. A. A fundamental lubrificação. **Revista A Granja**, ed. 758, 2012. Disponível em: <<https://edcentaurus.com.br/agranja/edicao/758/materia/4199>>. Acesso em: 18 fev. 2022.

VEIGA, R. K.; MASIERO, F. C.; GONTIJO, L. A.; FRANZÃO, M. C.; VENTURI, J. Influência dos estereótipos no uso de aceleradores manuais em tratores agrícolas. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, v. 24, n. 2, p. 102-109, 2013.

VIAN, C. E. de F.; ANDRADE JÚNIOR, A. M.; BARICELO, L. G.; SILVA, R. P. da. Origens, Evolução e Tendências da Indústria de Máquinas Agrícolas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 51, n. 4, p. 719-744, 2013.

VILAGRA, J. M. **Adequação ergonômica de trator agrícola de média potência: construção e validação de um instrumento de avaliação a partir do construto de conforto, segurança e eficiência**. 2009. 130 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

VOLTARELLI, M. A.; JUNIOR, W. de A. O.; SILVA, R. P. da; PAIXÃO, C. S. S. Reduzir custos. **Cultivar Máquinas**, v. 15, n. 173, p. 10-12, 2017.

APÊNDICE A - Formulário de pesquisa: manutenção preventiva e periodicidade.

 unipampa <small>Universidade Federal do Pampa</small>	UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA Responsável: Vanessa Bassin Cogo		
Coleta de dados dos custos de manutenção preventiva de tratores e periodicidade recomendada			
Marca:			
	Manutenção	Custo de manutenção	
		Trator Classe II	Trator Classe III
250 horas	Filtros de combustível		
	Óleo lubrificante do motor		
	Filtro de óleo do motor		
500 horas	Aditivo do fluido de arrefecimento		
	Filtros de ar da cabine		
	Fluido de freio		
	Filtro de ar primário e secundário do motor		
	Filtro do sistema hidráulico		
1000 horas	Óleo dos redutores finais dianteiros		
	Óleo do sistema hidráulico		
	Filtro do sistema hidráulico		
	Óleo do sistema de transmissão		
	Filtro do sistema de transmissão		
	Correia de acionamento do ventilador do radiador		
Periodicidade recomendada pelo fabricante			