



RAÍ FERNANDES QUEIROZ ALVES

**PROPOSTAS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARA
TRATORES COM SISTEMA DE TRANSMISSÃO *FULL*
*POWERSHIFT***

LAVRAS – MG

2021

RAÍ FERNANDES QUEIROZ ALVES

**PROPOSTAS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARA TRATORES COM SISTEMA
DE TRANSMISSÃO *FULL POWERSHIFT***

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

Prof. DSc. Gabriel Araújo e Silva Ferraz

Orientador

LAVRAS – MG

2021

À Deus, meu pai Ronicler e minha mãe Edivanilda, por serem o meu maior exemplo de vida.

Ao meu irmão, minha namorada e aos meus familiares.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pela minha existência.

Aos meus pais minha eterna gratidão pelos ensinamentos, conselhos, apoio e carinho durante o período de graduação.

Ao meu irmão pelas colaborações durante a elaboração deste trabalho.

A minha namorada por estar sempre ao meu lado me incentivando a alcançar os meus objetivos.

Ao meu orientador Professor Gabriel Araújo e Silva Ferraz e a Universidade Federal de Lavras, que me proporcionou a oportunidade de realização deste trabalho.

A esses, meu sincero, muito obrigado.

"No meio da dificuldade encontra-se a oportunidade."

(Albert Einstein)

RESUMO

O trator agrícola, dentro do seu papel fundamental para o setor agro, é passível de manutenção em suas partes constituintes, dentre elas o sistema de transmissão, devido ao material que a maioria o compõe e a suas condições de trabalho. Com isso, a manutenção pode ser realizada de maneira corretiva ou preventiva, sendo a segunda mais interessante por atuar na redução de falhas e garantir a continuidade na produtividade do equipamento. Porém há a necessidade de definir corretamente intervalos para a realização destas manutenções preventivas. À vista disso, o objetivo deste trabalho foi desenvolver propostas de intervalos de manutenções preventivas para o sistema de transmissão *Full Powershift* de tratores, comprovando suas eficácias, além de analisar os custos da manutenção corretiva e preventiva. Para isso, dispondo de dados históricos, calculou-se o intervalo entre manutenções corretivas, obtendo a média desses intervalos subtraído 500 horas, como primeira proposta de manutenção preventiva. Ademais, determinou-se também uma curva de tendência, com o intuito de calcular o intervalo entre manutenção corretiva para cada número da parada e da mesma forma subtraído 500 horas, como segunda proposta. Comprovando as condições estimadas diante das propostas com a situação real auferida nos testes realizados nos tratores. Ademais, os custos das manutenções, foram baseados apenas nos valores das peças trocadas. Os resultados apontaram para a primeira proposta de manutenção preventiva um intervalo de 3249 horas, já para a segunda há vários intervalos a depender do número da parada na qual o trator se encontra. Portanto, comparando as estimativas de condição do sistema de transmissão com a situação real, a segunda proposta se apontou mais eficaz, tendo uma assertividade de 82% contra 39% da primeira. E para os custos, a manutenção preventiva se mostrou no mínimo 10 vezes mais barata.

Palavras-chave: Intervalos. Curva de tendência. Teste de vazamento. Histórico de manutenção. Custo de manutenção.

ABSTRACT

The agricultural tractor, within its fundamental role for the agro sector, is subject to maintenance in its constituent parts, among them the transmission system, due to the material that the most of them and their working conditions. With that, maintenance can be performed in a corrective or preventive manner, the second option being more interesting for acting in the reduction of failures and ensure continuity in equipment productivity. However, there is a need to correctly define intervals for carrying out these preventive maintenance. In view of this, the objective of this work was to develop proposals for preventive maintenance intervals for the Full Powershift transmission system for tractors, proving its effectiveness, in addition to analyze the costs of corrective and preventive maintenance. For that, having historical data, the interval between corrective maintenance was calculated, obtaining the average of these intervals subtracted 500 hours, as the first preventive maintenance proposal. In addition it was determined also a trend curve, in order to calculate the interval between maintenance corrective for each stop number and likewise subtracted 500 hours, as second proposal. Proving the conditions estimated in the face of the proposals with the actual situation obtained in the tests carried out on the tractors. In addition, maintenance costs were based on only in the values of the parts exchanged. The results pointed to the first proposal for preventive maintenance an interval of 3249 hours, for the second there are several intervals depending on the number of the stop at which the tractor has at that moment. Therefore, comparing the estimates condition of the transmission system with the real situation, the second proposal was more effective, with an assertiveness of 82% against 39% of the first. And for costs, preventive maintenance proved to be at least 10 times cheaper.

Keywords: Intervals. Trend curve. Leak test. Maintenance history. Maintenance cost.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Trator agrícola e seus componentes	12
Figura 2.2 – Componentes Básico de um Trator Agrícola	14
Figura 2.3 – Sistema de Transmissão <i>Full Powershift</i>	15
Figura 3.1 – Localização do Município de Quirinópolis	19
Figura 3.2 – Identificação dos Pacotes de discos	22
Figura 3.3 – Combinação dos pacotes para o engate da primeira marcha à frente	24
Figura 3.4 – Válvula Solenoide de Pressão	25
Figura 3.5 – Acumulador/Regulador de Pressão	25
Figura 4.1 – Número da parada vs Horímetro da parada	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Especificações dos tratores utilizados no experimento	21
Tabela 3.2 – Combinação dos pacotes de discos para o engete das marchas	23
Tabela 3.3 – Tabela de Identificação de Pacotes com Provável Vazamento	27
Tabela 4.1 – Valores de média global, variância e desvio padrão amostral.	30
Tabela 4.2 – Dados obtidos e calculados para a 1ª proposta de manutenção preventiva, utilizando a média.	32
Tabela 4.3 – Dados obtidos e calculados para a 2ª proposta de manutenção preventiva, utilizando a equação da curva.	34
Tabela 4.4 – Resultado dos testes de vazamento.	35
Tabela 4.5 – Comparação entre as condições previstas e a situação atual.	36
Tabela 4.6 – Relação da estimativa de custos entre manutenção corretiva e manutenção preventiva.	38

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	Objetivos	10
1.1.1	Objetivo Geral	10
1.1.2	Objetivos específicos	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1	Trator agrícola	11
2.2	Transmissão de potência	12
2.2.1	Transmissão <i>Full Powershift</i>	13
2.3	Concepção da Manutenção	15
2.3.1	Manutenção corretiva	16
2.3.2	Manutenção preventiva	17
3	MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1	Caracterização do Local	19
3.2	Caracterização dos Tratores Agrícolas	20
3.2.1	Caracterização do Sistema de Transmissão <i>Full Powershift</i>	20
3.3	Procedimento Experimental	22
3.3.1	Banco de Dados	22
3.3.2	Realização do teste	23
3.3.3	Processamento de Dados	26
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1	1ª Proposta de Manutenção Preventiva	30
4.2	2ª Proposta de Manutenção Preventiva	31
4.3	Comparação e Comprovação das Propostas	33
4.4	Análise dos Custos	37
5	CONCLUSÃO	39
5.1	Recomendações	39
	REFERÊNCIAS	40
	APENDICE A – TESTE DE VAZAMENTO PARA SISTEMA DE TRANSMISSÃO FULL POWERSHIFT.	43

1 INTRODUÇÃO

O trator agrícola é um equipamento fundamental para o setor agrícola brasileiro, setor esse responsável por uma parcela considerável do Produto Interno Bruto (PIB) nacional. Uma vez que é um dos equipamentos mais utilizados neste setor, e com seu emprego, além do aumento da produtividade, faz com que a agricultura seja mais precisa.

Mas para desempenhar seu papel, o trator agrícola é passível de manutenções, visto que as condições em que esse maquinário opera, de altas temperaturas, realização de grandes esforços e grandes jornadas de trabalho, e a maior parte do seu material fabricação, o ferro, estão sujeitos a desgastes constantes, principalmente devido aos atritos entre elementos dessa máquina, dar-se-á a importância que é a manutenção em um equipamento como este.

Diminuição de custos, aumentar a vida útil de um equipamento e evitar paradas longas e desnecessárias, são algumas das influências em que a manutenção pode proporcionar em um trator, já que para assegurar o funcionamento contínuo e indeterminado dos equipamentos, necessita de um conjunto de cuidados.

Em seus diferentes tipos de manutenção, a preventiva é a responsável por atuar objetivando a redução de falhas e decaimento do desempenho. Ou até mesmo, evitar que algo semelhante ocorra em qualquer componente do trator, podendo ser vista não como um gasto a mais, mas sim como um investimento frente aos seus benefícios.

Uma das vantagens da manutenção preventiva é a substituição de peças mais simples e de menor valor, em um período específico pré-definido, seja por tempo corrido, horas de funcionamento ou produtividade, fazendo com que mantenha a conservação do equipamento, evitando a substituição de peças mais complexas e de maior valor, resultando na diminuição de custos e aumentando a vida útil dos componentes e até mesmo do maquinário.

Já uma das desvantagens da manutenção preventiva é que em uma análise em curto prazo, pode-se inferir que é um processo caro, devido às paradas necessárias de tempos em tempos para inspeção e troca de alguns componentes, resultando em hora-máquina parada, além da necessidade de dispor das peças de menor valor em estoque.

Sendo assim, manutenção preventiva deve ser realizada em todos os elementos do trator, principalmente nas partes em que há um grande emprego de tecnologia. E atualmente, tratores que possuem transmissão *Full Powershift*, tem esse sistema como um dos mais importantes, complexos e tecnológicos encontrados nesses equipamentos, sendo esse, encarregado de levar até as rodas, a energia produzida no motor da máquina.

Com isso, a partir do conhecimento do comportamento dos tratores equipados com sistema de transmissão *Full Powershift* em relação ao intervalo entre manutenções corretivas, pode servir como base para o planejamento das manutenções preventivas, diminuindo os custos com manutenção corretiva e diluindo os custos com as manutenções preventivas em um período longo analisado.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver propostas de intervalo entre manutenções preventivas para tratores com sistema de transmissão *Full Powershift* tendo como base os dados históricos de manutenções corretivas, comparando com a situação atual a partir de testes, para fins redução de custos.

1.1.2 Objetivos específicos

- Propor intervalo entre manutenções preventivas a partir da média calculada obtida através dos dados históricos entre manutenções corretivas;
- Propor intervalo entre manutenções preventivas a partir da curva de tendência obtida através dos dados históricos entre manutenções corretivas;
- Verificar a condição em que o sistema de transmissão se encontra, para fins de comparação e comprovação de ambos objetivos específicos anteriores;
- Analisar a reduções de custos quando comparadas manutenção corretiva e preventiva.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Trator agrícola

Segundo Simone et al. (2006 apud FARIAS, 2016, p. 20), a palavra trator surge a partir da combinação das palavras motor de tração em inglês (*TRACtion moTOR*), aplicado para se referir ao equipamento capaz de realizar tração, que na qual, começou a substituir os animais utilizados para a realização dos serviços em 1850.

O trator agrícola, representado na Figura 2.1, é conceituado como sendo uma máquina autopropelida, ou seja, capaz de se locomover por seus próprios meios, que possui motor próprio, sem a necessidade de uma fonte de energia externa, provida de recursos que proporcionam apoio estável sobre uma superfície impenetrável e horizontal, fazendo com que seja possível o desenvolvimento de tração, transporte e fonte de potência para alimentar máquinas ¹ e implementos agrícolas ² (MIALHE, 1996).

Como lembra Montanha et al. (2011), o trator agrícola é um dos equipamentos mais importantes para o desenvolvimento da atual agricultura, uma vez que é capaz de transformar energia química dos combustíveis, na maioria deles fósseis, em energia mecânica através da força produzida na barra de tração e na tomada de potência, que na qual é utilizada para tracionar e acionar máquinas agrícolas, dando-se a grande importância do trator para a intensificação das atividades mecanizadas no campo.

Tendo em vista as condições em que os tratores agrícolas trabalham, faz-se necessário que algumas características sejam desejadas, como por exemplo, a robustez, confiabilidade, versatilidade, conforto, segurança e a capacidade de acoplamento fácil a diferentes tipos de máquinas e implementos agrícolas (VILAGRA, 2009). Além disso, é interessante que os tratores agrícolas sejam projetados para desenvolver força necessária para realizar diversas operações no campo, por ser considerada a principal fonte de potência da agricultura moderna, conforme também lembra o autor.

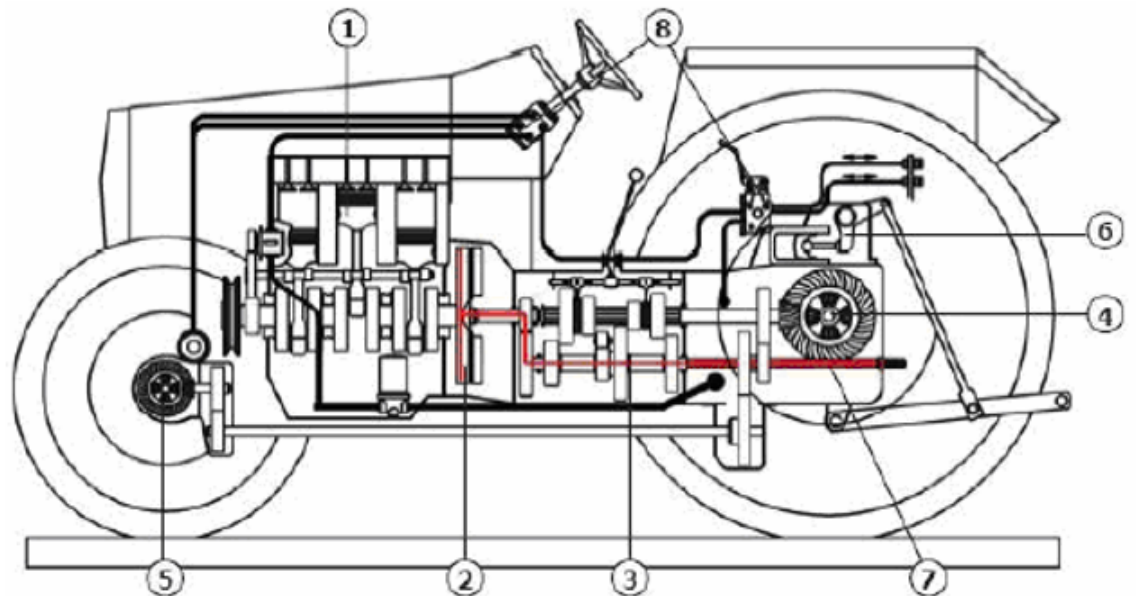
No Brasil, a intensificação do uso de máquinas agrícolas se deu a partir da década de 60, sendo considerado como o alicerce ou o centro da mecanização moderna agrícola, o trator agrícola, vindo de um processo de modernização da agricultura de acordo com Schlosser (1998,

¹ **Máquinas agrícolas:** referem-se a um conjunto de órgãos que apresentam movimentos devidos obstáculos fixo de resistência suficiente para transmitir o efeito de forças e transformar energia.

² **Implementos agrícolas:** referem-se a um conjunto de órgãos que não apresentam movimentos relativos, não tendo capacidade de transformar energia e sendo, seu único movimento o de deslocamento.

p. 64). Fruto dessa modernização, o trator agrícola diminuiu significativamente o esforço manual dos trabalhadores, por outro lado, os operadores dos tratores agrícolas é que se encontram submetidos a esforços físicos e também mental devido realizar o controle de diversas variáveis referentes ao trabalho (MÁRQUEZ, 1990).

Figura 2.1 – Trator agrícola e seus componentes



- | | | | |
|----|-----------------|----|---------------------------------|
| 1- | Motor | 5- | Eixo dianteiro: 4x2 ou 4x4 |
| 2- | Embreagem | 6- | Levante hidráulico |
| 3- | Caixa de câmbio | 7- | Tomada de potência (TDP) |
| 4- | Eixo traseiro | 8- | Sistemas hidráulicos auxiliares |

Fonte: (MIALHE, 1980)

2.2 Transmissão de potência

O sistema de transmissão de potência de um trator agrícola compreende em um conjunto de componentes, que transmitem a potência gerada no motor a partir do processo de combustão³ que ocorre no interior do motor, para os diversos mecanismos que necessitam dessa energia, que são os casos dos sistemas hidráulicos⁴, a tomada de potência⁵ e a barra de tração⁶, essa última a partir do movimento das rodas motrizes (MÁRQUEZ, 2004).

³ **Combustão:** é uma reação exotérmica que ocorre entre um combustível e um comburente, que é o oxigênio.

⁴ **Sistemas hidráulicos:** tem como função básica levantar e abaixar máquinas e implementos agrícolas.

⁵ **Tomada de potência:** tem como função básica transmitir potência do motor (torque e rotação) para acionamento de máquinas agrícolas.

⁶ **Barra de tração:** tem como função básica tracionar máquinas e implementos agrícolas.

Uma das partes principais do sistema de transmissão é a caixa de câmbio⁷, seu esquema é ilustrado na Figura 2.2. De acordo com Schlosser (1997), a transmissão até esse elemento pode ser por meio da embreagem⁸ ou não, sendo composto por uma gama de engrenagem, que a partir da combinação dessas, é possível obter um conjunto de relação entre velocidade e torque, sendo esses dois fatores componentes da potência, possibilitando uma maior economia de combustível e eficiência operacional para o tipo de operação agrícola realizada, passíveis de critérios do operador.

De acordo com Renius (1994) e Kim, Kim e Wu (2000), apenas o sistema de transmissão completo é responsável por cerca de 30% do custo total do trator, dado a sua grande importância dentro da máquina. Além do mais, esse sistema é responsável pelo escalonamento de marchas, permitindo elevados torques (MÁRQUEZ, 2004).

Segundo Ribas et al. (2010), as transmissões utilizadas em tratores agrícola, podem ser divididas em mecânica e hidrostática. A transmissão mecânica é composta por um conjunto de engrenagem, que conforme o operador faz a seleção da marcha de trabalho do trator, essas engrenagens se combinam oferecendo diferentes escalas de torque e velocidade, havendo a necessidade ou não de embreagem. A transmissão hidrostática, é composta por pacotes de discos com embreagem em união com um conjunto de engrenagem, disponibilizando ainda mais diferentes combinação de torque e velocidade em relação a transmissão mecânica.

Estudos apontam que tratores com faixas mais baixas de potência tendem a possuir sistema de transmissão do tipo mecânica, em contra partida, tratores com faixas mais elevadas de potência tendem a dispor de transmissão do tipo hidrostática. Esse fato se procede devido o valor da transmissão hidrostática ser maior frente à mecânica, ocorrendo à diluição do preço desse sistema, uma vez que tratores de alta potência são mais caros em relação aos de baixa potência, viabilizando a utilização desse recurso (RIBAS et al., 2010).

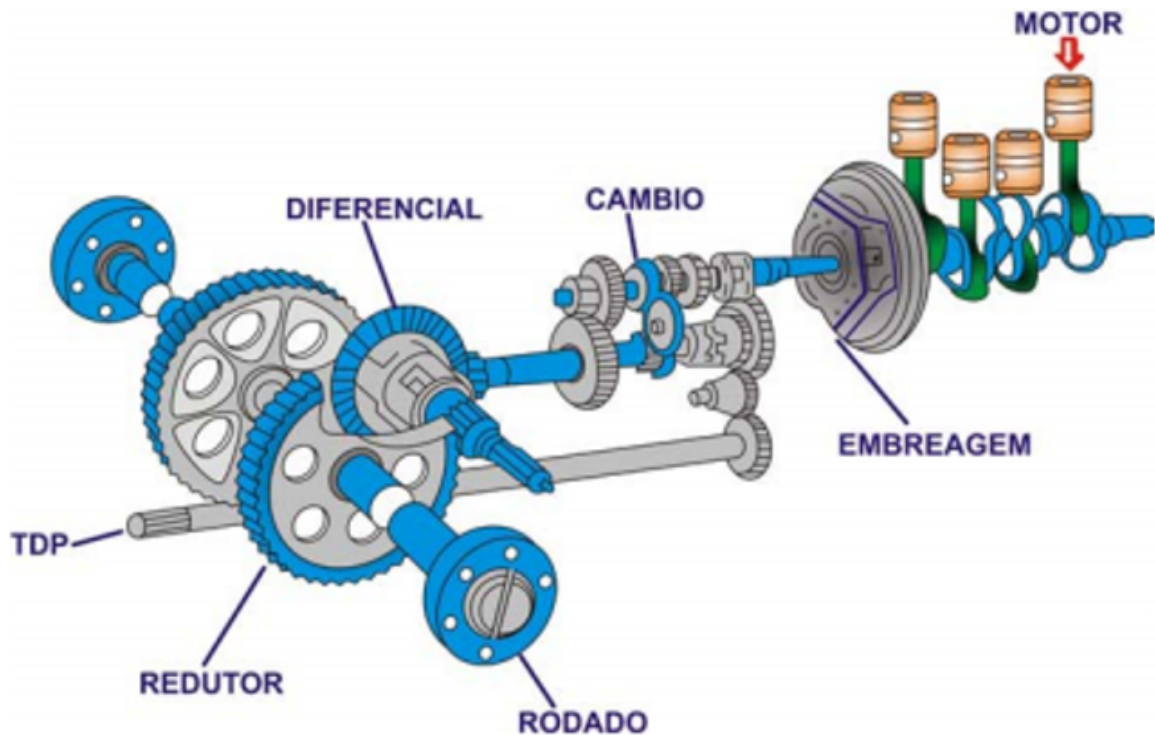
2.2.1 Transmissão *Full Powershift*

Engrenagens em varias quantidade e diferentes tamanhos juntamente com pacotes de discos e elementos hidráulicos compõem as transmissões hidrostáticas, advindo do desenvolvimento e emprego de tecnologia nos modelos mecânicos tradicionais, tem sido aplicada em

⁷ **Caixa de câmbio:** tem como função modificar o torque, a velocidade e o sentido do movimento, segundo o princípio geral de que o que se ganha em força, perde-se em velocidade, e vice-versa.

⁸ **Embreagem:** mecanismo de aderência por atrito que realiza a conexão do volante do motor aos demais órgãos de transmissão.

Figura 2.2 – Componentes Básico de um Trator Agrícola



Fonte: (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL - SENAR, 2010)

grandes tratores sofisticados e de alta potência, em mercados altamente industrializados, conforme Kempf (1999 apud FARIAS, 2016, p. 25).

Segundo Márquez (2012), o sistema de transmissão *Full Powershift* é conhecido como “câmbio em sobre carga”. Uma vez que não é necessário que o operador realize o acionamento da embreagem no momento de troca de marchas, advindo daí o termo “*Powershift*”, como explica Goering (1992 apud FARIAS, 2016, p. 25). O sistema de transmissão *Full Powershift* está ilustrado na Figura 2.3.

O número de marchas escalonadas em transmissão *Full Powershift* tem aumentado consideravelmente, de acordo com Linares, Méndez e Catalán (2010). Com isso, Alonso (2014) afirma que trator com essa quantidade de marchas, possibilita uma baixa reserva de torque no motor, uma vez a partir da combinação das diferentes engrenagens proporciona diversas velocidades de deslocamento mantendo a mesma rotação do motor, conseqüentemente variando o seu torque.

Ainda de acordo com Alonso (2014), para que seja aproveitada ao máximo a potência disponibilizada pelo motor do trator agrícola, nos últimos anos está sendo recomendado os sistemas de transmissões que na qual não há a necessidade de acionar a embreagem ao trocar de

marcha, sendo assim, um dos sistemas de transmissão que demonstra ter uma maior evolução é o *Full Powershift*, salvo exceções.

Figura 2.3 – Sistema de Transmissão *Full Powershift*



Fonte: (CASE IH - AGRICULTURE, 2011)

Não foram encontrados trabalhos em que se correlacionavam sistema de transmissão *Full Powershift* e manutenção preventiva, sendo assim ambos os assuntos foram tratados de forma distintas, deixando compreensível uma carência de estudos nessa linha de pesquisa.

2.3 Concepção da Manutenção

De acordo com Tavares (1998), a manutenção fez-se fundamental ao final do século XIX, tal que com o desenvolvimento técnico-industrial da humanidade, houve a necessidade dos primeiros reparos nas máquinas das indústrias. No entanto, a necessidade pela manutenção ficou acentuada a partir da colocação em prática da ideia de Ford, com a produção em série, com o advento da primeira guerra mundial, uma vez que os reparos teriam que serem o mais rápido possível.

A manutenção é descrita, segundo a ABNT (1994), como sendo a “Combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinada a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”.

Segundo Neto e Lima (2002), a manutenção visa manter ou restabelecer um bem dentro de um estado específico, a partir de um conjunto de ações. Sendo assim, esse conjunto de procedimentos tem como o principal objetivo a maximização do tempo de perfeito funcionamento de uma máquina, equipamento, ferramenta ou instalação, prevenindo as prováveis falhas ou quebras, promovendo a disponibilidade dos mesmos.

A manutenção se torna ainda mais importante, uma vez que precisa manter o equipamento disponível, evitar falhas e reduzir riscos de paradas não esperadas, muito além de apenas reparar o equipamento o mais rápido possível, deixando de ser não só eficiente como também eficaz, em concordância com Kardec e Nascif (2009 apud MONTEIRO JÚNIOR, 2019).

De acordo com Oliveira et al. (2001), devido o uso intensivo dos tratores agrícolas, um dos itens que possui os custos operacionais mais elevados é com reparos e manutenção dos equipamentos. Além disso, Machado et al. (2001), reitera que pode-se aumentar a eficiência do trabalho além de minimizar as perdas de tempo com paradas por eventuais problemas, quando se associa o correto armazenamento das máquinas com a manutenção adequada.

A maneira que é feita a intervenção no sistema é que caracteriza os tipos de manutenção, sendo assim, há seis práticas básicas de manutenção consideradas como principais, a corretiva planejada, a corretiva não planejada, a preventiva, a preditiva ⁹, detectiva ¹⁰ e a engenharia de manutenção ¹¹, como é citado por Costa (2013). Porém, para fins deste trabalho, serão abordadas apenas a manutenção corretiva e a preventiva.

2.3.1 Manutenção corretiva

Visto a necessidade de criar equipes, no início da prática de produção em série, para efetuar reparos nas máquinas no menor tempo possível, criou-se então, um grupo de trabalhadores destinados à execução da manutenção dos equipamentos, que posteriormente foi intitulada de manutenção corretiva, assim como hoje é reconhecida (TAVARES, 1998).

A manutenção corretiva é definida, segundo a ABNT (1994), como sendo a “manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida”.

De acordo com Otani e Machado (2008), a atuação na correção de falha ou do desempenho inferior ao esperado, ou seja, a manutenção corretiva, pode ser dividida em manutenção corretiva planejada, que é em função de um acompanhamento prévio até a ocorrência da falha, ou em manutenção corretiva não planejada, que se caracteriza pela ocorrência da falha de forma

⁹ **Manutenção preditiva:** manutenção baseada na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem.

¹⁰ **Manutenção detectiva:** manutenção efetuada em sistemas de proteção buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis às equipes de operação e manutenção.

¹¹ **Engenharia de manutenção:** executa o planejamento e gerenciamento de equipamentos e sistemas em operação, de modo a mantê-los atendendo aos objetivos a que se destinam, dentro dos requisitos de qualidade e disponibilidade preestabelecidos e dentro de custos compatíveis.

aleatória. Uma vez que essa última, na maioria das ocasiões é mais cara, mais demorada e com maior tendência a dano ao equipamento, comparada com a primeira.

Xavier (2005 apud OTANI; MACHADO, 2008) aponta que ‘quem só faz a manutenção corretiva continua “apagando incêndio”, e alcançando péssimos resultados’. Isso se dá por motivos de a manutenção corretiva chegar a custar até três vezes mais quando comparada a um reparo previamente programado (VELOSO, 2015).

Segundo (CASTELLA, 2001), ao se optar pela manutenção corretiva não planejada, acaba ficando-se refém de um sistema aleatório, sem muito controle sobre o todo, com diversas falhas e ineficiência. Apesar disso, ainda tem se empregado muito esse tipo de manutenção no Brasil, uma vez que conforme mostra a ABRAMAN (apud OTANI; MACHADO, 2008), a manutenção corretiva representa 28% no nível de atuação nacional.

2.3.2 Manutenção preventiva

A partir da década de 30, houve uma necessidade de rapidez de produção, isso devido à segunda guerra mundial, sendo assim, começou-se então a preocupação em evitar que as falhas acontecessem, para isso, desenvolveram um processo com a intenção de prevenir as máquinas de que acontecessem falhas e conseqüentemente a realização da manutenção corretiva, esse processo foi denominada a manutenção preventiva (TAVARES, 1998).

A ABNT (1994) descreve a manutenção preventiva como sendo a “manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item”.

A manutenção preventiva, segundo Slack, Chambers e Johnston (2002, p. 645), tem como objetivo principal a eliminação ou a redução de falhas através da manutenção em intervalos de tempo pré-definidos. Isso implica em maior utilização da mesma quando há um alto custo da falha não planejada e quando se tem um controle sobre a ocorrência da mesma, uma vez que possibilita programar a manutenção antes mesmo que a falha se torne muito provável.

Caracterizada pelo trabalho contínuo a fim de evitar a ocorrência de falhas, mantendo o controle sobre o equipamento e procurando a sua prevenção, a manutenção preventiva se torna referência entre as atividades de manutenção, como afirma Patton Júnior (1983). Sendo assim, um dos maiores segredos de se estabelecer uma excelente manutenção preventiva é partir de uma definição assertiva dos intervalos de tempo entre as interrupções segundo Xavier (2005 apud OTANI; MACHADO, 2008).

De acordo com Patton Júnior (1983), por utilizarem aparatos eletrônicos e empregar mais tecnologia, a manutenção preventiva se torna o tipo de manutenção mais econômica frente aos demais, em razão de ser mais simples, objetiva e rápida, fazendo com que o impacto na produtividade do equipamento seja mínimo. No entanto, Otani e Machado (2008) reiteram que quando não definido um intervalo assertivo entre manutenções, além da tendência conservadora, fazendo com que esses intervalos sejam menores que o necessário, resulta na substituição de peças ainda com boa vida útil e paradas desnecessárias, elevando o custo desta manutenção.

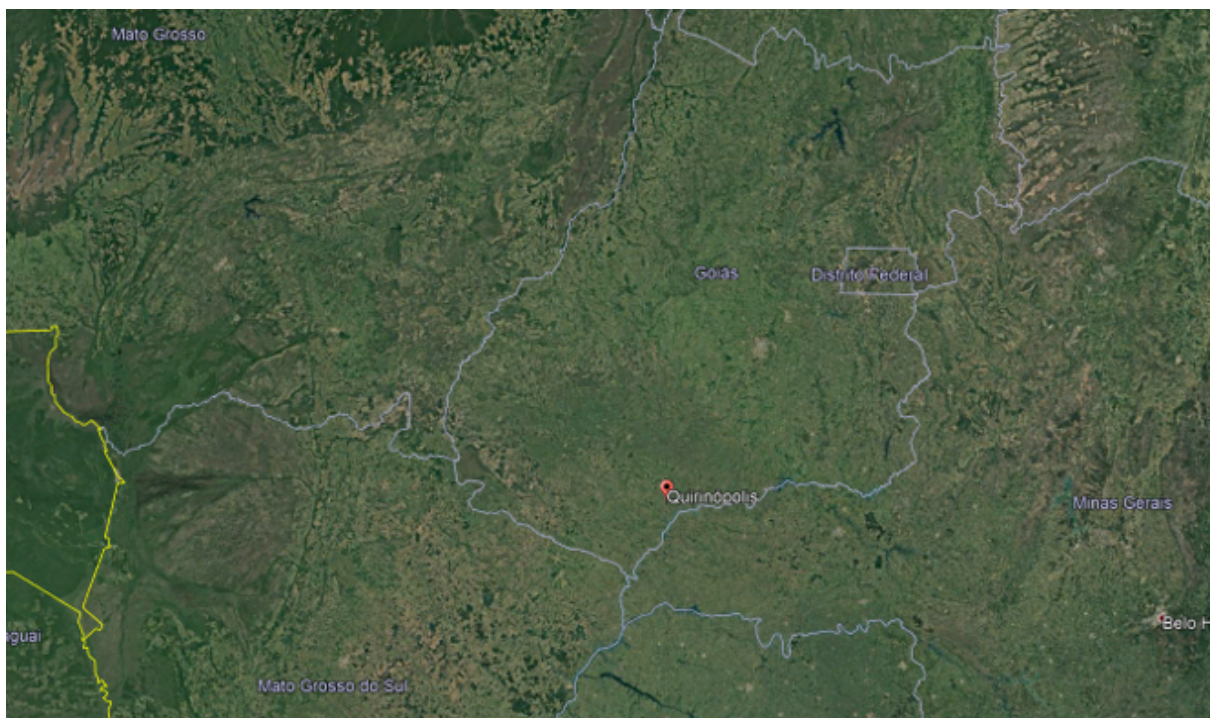
3 MATERIAL E MÉTODOS

Esse presente trabalho só foi possível a sua realização devido ao convênio entre a Universidade Federal de Lavras e a Fazenda, que na qual disponibilizou seu *software* de gestão empresarial para a coleta dos dados históricos e os tratores para a realização dos testes, dando todo o suporte necessário, além do fornecimento de peça.

3.1 Caracterização do Local

O trabalho foi realizado em uma fazenda com atividade principal a produção de etanol a partir da cana-de-açúcar, localizada no município de Quirinópolis, pertencente ao estado de Goiás, na meso e microrregião do Sul Goiano, a cerca de 285 quilômetros da capital Goiânia, na região centro-oeste do Brasil. Situado entre as coordenadas geográficas de $18^{\circ} 26' 54''$ de latitude ao sul da linha do equador, e $50^{\circ} 27' 06''$ de longitude ao oeste no meridiano de Greenwich, e a uma altitude de 541 metros em relação ao nível médio do mar. O mapa exibido na Figura 3.1 indica o ponto de localização do município.

Figura 3.1 – Localização do Município de Quirinópolis



Fonte: Google Earth Pro (2021)

3.2 Caracterização dos Tratores Agrícolas

Para a realização do experimento, foram utilizados ao todo 33 tratores de aproximadamente 173 quilowatt (235cv¹), sendo nove tratores fabricados em 2012, seis tratores fabricados em 2013 e dezoito tratores fabricados em 2017, todos da mesma marca e modelo.

Essas máquinas eram responsáveis por tracionar a partir da barra de tração, dois transbordos de 14.000 quilogramas, totalizando 28 toneladas, quando os mesmos se encontravam completamente carregados. Já que o transporte da cana-de-açúcar picada, da colhedora até os pontos de carregamento, era feito com a trela de um trator com dois transbordos, em momentos trafegando nas entre linhas do canavial ou então nos carregadores de solo firme ou compactado, e muitas das vezes enfrentando desníveis acentuados.

Todos os tratores eram equipados com sistema de transmissão *Full Powershift*, conhecida como câmbio em carga. Na Tabela 3.1 encontram-se as principais especificações dos tratores utilizados.

3.2.1 Caracterização do Sistema de Transmissão Full Powershift

Esse sistema de transmissão permite a mudança contínua de 18 marchas à frente e 4 à ré, sem a necessidade do pedal de embreagem no momento da troca de marchas. É composto por 10 pacotes de discos com suas respectivas engrenagens, sob pressão hidrostática para o acionamento, oferecendo a combinação e fornecimento de 22 marchas possíveis escalonadas. Esses pacotes são: embreagem principal, ímpar, par, C1, C3, C5, baixa, média, alta e ré.

Esses 10 pacotes de discos estão divididos em duas caixas de câmbio, e distribuídos cinco eixos. Na primeira caixa, se encontra um eixo contendo os pacotes ímpar e par, e um segundo eixo composto-se dos pacotes C1, C3, C5 e ré. Por sua vez, na segunda caixa de câmbio se encontra um eixo contendo a embreagem principal, um segundo eixo composto-se dos pacotes alta e média, e por fim um último eixo contendo o pacote da baixa. Na Figura 3.2 é possível observar a disposição dos eixos e pacotes de discos no interior das caixas de câmbio.

Para se obter uma marcha, é necessário que se combine 4 dos 10 pacotes de discos disponíveis, uma vez que o pacote referente a embreagem principal sempre será acionado independente da marcha desejada. Já o pacote ímpar, será acionado sempre que estiver em uma marcha ímpar, seguindo essa lógica, o pacote da par, será acionado sempre que estiver em uma marcha par. Para o pacote baixa, será acionado para as marchas iniciais de 1ª a 6ª além da 1ª e 2ª

¹ Cv: Cavalos vapor, unidade de medida de potência.

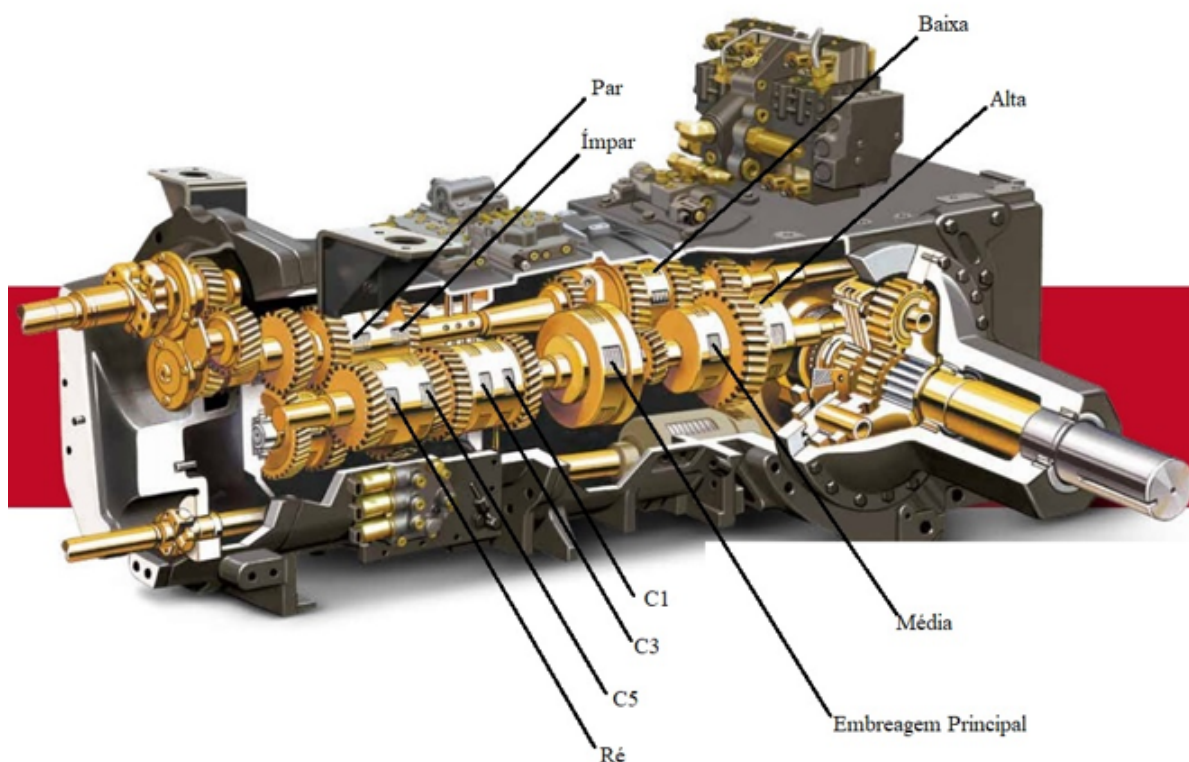
Tabela 3.1 – Especificações dos tratores utilizados no experimento

MOTOR	
Tipo	Diesel, 4 tempos, Turbo intercooler
Potência nominal (cv)	235
Potência máxima com Boost (cv)	274
Torque máximo (Nm)	1,157
Nº cilindros	6
Cilindrada (L)	8.7
TRANSMISSÃO	
Tipo	Full Powershift
Nº de marchas à frente x à ré	18 x 4
Velocidade (km/h)	40
Tomada de força (RPM)	1,000
SISTEMA HIDRÁULICO	
Tipo	Centro fechado
Tipo de bomba	Pistão (PFC)
Vazão máxima (L/min.)	225
Número de válvulas do controle remoto	4
Categoria do engate	III / IIIN
Capacidade de levante hidráulico (kg)	6,780
EIXOS	
Eixo dianteiro	Classe HD
Eixo traseiro	Tipo passante de 120''
PILOTO AUTOMÁTICO AFS GUIDE	
Predisposição	Standard

Fonte: adaptado de (CASE IH - AGRICULTURE, 2011)

marcha à ré, enquanto que para o pacote da média, será acionado para as marchas intermediárias de 7ª a 12ª além da 3ª e 4ª marcha à ré, e ao passo que o pacote da alta, será acionado para as marchas finais de 13ª a 18ª. Se tratando do pacote da C1, esse será acionado para as duas primeiras marchas dos pacotes da baixa, média e alta, sendo elas 1ª e 2ª, 7ª e 8ª, e 13ª e 14ª, respectivamente, enquanto que para o pacote da C3, esse será acionado para as duas marchas intermediárias dos pacotes da baixa, média e alta, sendo as marchas 3ª e 4ª, 9ª e 10ª, e 15ª e 16ª, respectivamente, e ao passo que para o pacote da C5, esse será acionado para as duas últimas marchas dos pacotes da baixa, média e alta, sendo elas 5ª e 6ª, 11ª e 12ª, e 17ª e 18ª, respectivamente. E finalmente o pacote da ré será acionado para todas as quatro marchas disponíveis sempre que estiver em reversão. Para melhor visualização, se encontram a seguir a Tabela 3.2 e a Figura 3.3, demonstrando a combinação dos pacotes para formação das marchas, e uma representação da combinação dos pacotes para o engate da primeira marcha à frente do sistema de transmissão *Full Powershift*, respectivamente.

Figura 3.2 – Identificação dos Pacotes de discos



Fonte: adaptado de (CASE IH - AGRICULTURE, 2011)

3.3 Procedimento Experimental

O experimento foi realizado em dois momentos distintos. Primeiramente sucedeu-se com a coleta de um banco de dados, que na qual subsidiou para a formação de um histórico, em seguida procedeu-se com os testes in loco realizados nos 33 tratores para fins de obtenção de dados para posterior processamento.

3.3.1 Banco de Dados

Para o desenvolvimento inicial, realizou-se a coleta de dados sobre o histórico de manutenções corretivas realizadas no sistema de transmissão *Full Powershift* dos tratores utilizados no experimento de um banco de dados. Esse banco de dados foi extraído de um *software* de gestão empresarial utilizado na Fazenda em questão.

Esse *software* de gestão empresarial tem como base o processamento de dados, uma vez que tem como intenção a melhoria da eficiência do controle e gerenciamento das informações e dados de uma companhia. Esse programa oferece soluções para negócios colaborativos e multiempresas, advindo de um sistema que disponibiliza um conjunto de módulos com diversas

Tabela 3.2 – Combinação dos pacotes de discos para o engete das marchas

MARCHA	PACOTES									
	Embreagem Principal	Ímpar	Par	C1	C3	C5	Baixa	Média	Alta	Ré
1	X	X		X			X			
2	X		X	X			X			
3	X	X			X		X			
4	X		X		X		X			
5	X	X				X	X			
6	X		X			X	X			
7	X	X		X				X		
8	X		X	X				X		
9	X	X			X			X		
10	X		X		X			X		
11	X	X				X		X		
12	X		X			X		X		
13	X	X		X					X	
14	X		X	X					X	
15	X	X			X				X	
16	X		X		X				X	
17	X	X				X			X	
18	X		X			X			X	
Ré 1	X	X					X			X
Ré 2	X		X				X			X
Ré 3	X	X						X		X
Ré 4	X		X					X		X

Fonte: adaptado de (CASE IH - AGRICULTURE, 2011)

aplicações de negócio, fazendo a integração das informações para determinado processo de uma empresa. Se baseado em práticas do dia a dia de cada empreendimento, o *software* é responsável por mais mil processos de negócios, onde milhares de tabelas administram em tempo real as informações que trafegam pela empresa.

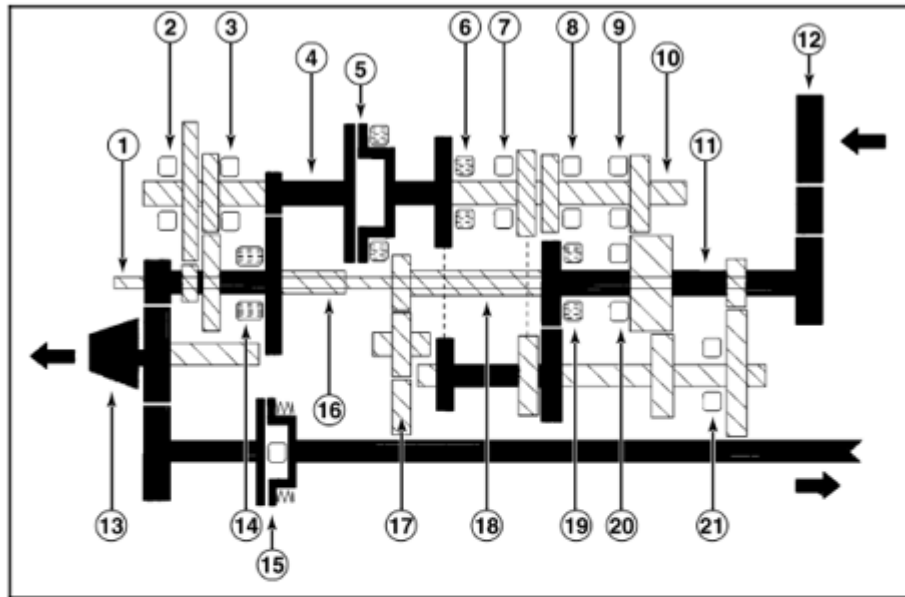
A partir desse *software*, foi obtido um banco de dados como as datas de todas as manutenções corretivas de cada trator, horímetro em que os tratores se encontravam nos dias em que realizam as manutenções corretivas, quantidades de peças substituídas nessas manutenções, preço dessas peças substituídas, ano de fabricação dos tratores e horímetro atualizado dos tratores no dia da realização do experimento.

3.3.2 Realização do teste

Para dar continuidade no desenvolvimento desse trabalho, foi realizado um teste em todos os 33 tratores do experimento, teste esse nomeado pela fabricante dos tratores como Teste

Figura 3.3 – Combinação dos pacotes para o engate da primeira marcha à frente

Primeira marcha



<input type="checkbox"/> Embreagem inativa		<input checked="" type="checkbox"/> Componentes que não transmitem torque	
<input checked="" type="checkbox"/> Embreagem pressurizada		<input checked="" type="checkbox"/> Componentes que transmitem torque	
1. Eixo da TDF	7. Embreagem 3-4	12. Caixa de redução, se equipado	17. Engrenagem de acionamento da bomba
2. Embreagem de faixa alta	8. Embreagem 5-6	13. Pinhão do acionamento final	18. Contraeixo de velocidade
3. Embreagem intermediária	9. Embreagem de marcha à ré	14. Embreagem de faixa baixa	19. Embreagem ímpar
4. Eixo de entrada de faixa	10. Eixo de saída de velocidade	15. Embreagem do MFD	20. Embreagem par
5. Embreagem principal	11. Eixo de entrada de velocidade	16. Contraeixo de faixa	21. Embreagem do super-redutor/sobremarcha
6. Embreagem 1-2			

Fonte: (CASE IH - AGRICULTURE, 2011)

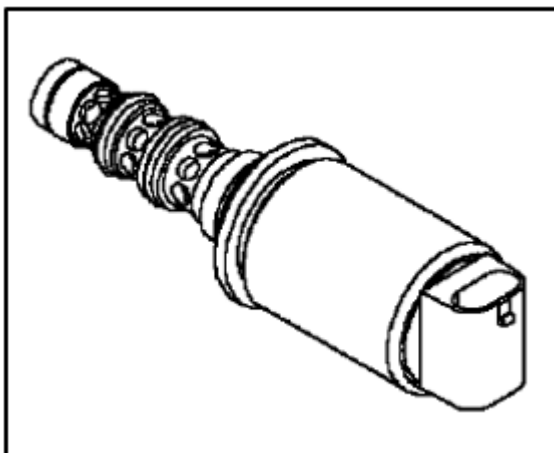
de Vazamento. Esse nome é devido a prováveis vazamentos do fluido de transmissão no interior do sistema como em retentores² dos pacotes de discos, ou até mesmo devido a danos e/ou desgaste em peças que compõe esse sistema.

Sendo que para a execução desse teste, é necessário dispor de uma válvula solenoide de pressão sobressalente, ilustrada na Figura 3.4, para que seja ligado ao conector do regulador de pressão, esse ilustrado na Figura 3.5.

A válvula solenoide de pressão tem por finalidade acionar ou desativar o elemento na qual ela é responsável, seja para os pacotes de discos, acumulador de pressão e vários outros elementos do trator. Já o acumulador de pressão, é um recipiente contendo gás nitrogênio, como

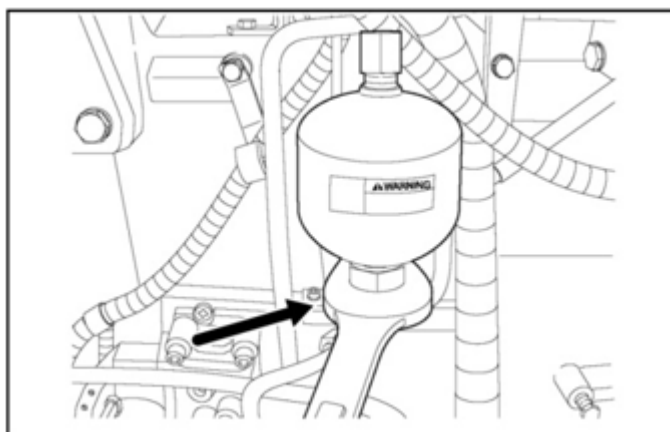
² **Retentores:** normalmente de borracha, têm a função principal de reter óleos, graxas e outros tipos de fluídos, que devem ser contidos no interior de uma máquina, evitando também a entrada de impurezas do meio externo.

Figura 3.4 – Válvula Solenoide de Pressão



Fonte: adaptado de (CASE IH - AGRICULTURE, 2011)

Figura 3.5 – Acumulador/Regulador de Pressão



Fonte: (CASE IH - AGRICULTURE, 2011)

função de regular a pressão do sistema de transmissão, para que esse sistema se mantêm a uma pressão constante de serviço, evitando picos de pressão no sistema em momentos de troca de marchas ou paradas como por exemplo.

Inicialmente, com o trator desligado, onde será desabilitado o conector da válvula solenoide do regulador de pressão, é ligada a esse conector, uma válvula solenoide de pressão sobressalente, essa ficando fora do sistema de transmissão, apenas para fins de isolar o regulador de pressão para que o mesmo não atue no sistema e também para que o circuito do trator “pense” que o regulador de pressão ainda está ativo, caso contrário, não é possível operar a máquina. Ainda com o trator desligado, é realizada a desconexão dos interruptores da Tomada De Potência (TDP) e do bloqueio do diferencial ³.

³ **Bloqueio do diferencial:** é o sistema que permite que as duas rodas tenham o mesmo torque e velocidade ao mesmo tempo.

Em seguida, com o trator já ligado, com a temperatura do sistema de transmissão em pelo menos 49°C, caso contrário, o trator é operado com rotação do motor em 1500 RPM até que tal temperatura seja alcançada, e com a Tração Dianteira Auxiliar (TDA) ligada, o trator se encontra pronto para a realização da coleta de dados.

Ainda com o trator parado, para iniciar a coleta de dados é elevada a rotação do motor do trator para 2000 RPM, para que a pressão da transmissão mostrada na tela de instrumentação seja registrada. Esse dado será utilizado como base para comparação, sendo assim, possível identificar provável vazamento nos pacotes.

Em seguida, com o trator em marcha lenta, verifica se houve presença de código de falhas apresentada na tela de instrumentação do trator para que então sejam solucionadas, a partir do manual da fabricante, antes do prosseguimento do teste. Tendo resolvido as falhas, é possível dar procedimento ao experimento.

Para dar sequência ao teste é necessário que o sistema de transmissão ainda se encontre no mínimo com 49°C, porém com rotação do motor de 1500 RPM, para que seja registrada a pressão do sistema de transmissão para todas as marchas, frente e ré, mostrada na tela de instrumentação. Para isso, é preciso que o trator seja operado selecionando uma marcha por vez, e coletando os dados da primeira a última marcha, tanto as dezoito à frente quanto as quatro à ré.

Com os dados coletados da pressão de transmissão, é possível inferir quais pacotes estão danificados, através da combinação de marchas em que a pressão da transmissão quando operado em 1500 RPM for menor em comparação com a registrada em 2000 RPM. Para isso, é desenvolvido a Tabela 3.3 para facilitar a identificação de quais pacotes estão com provável vazamento.

Os experimentos nos tratores foram efetuados com o máximo de segurança e respeito possível, tanto com as pessoas envolvidas quanto com as máquinas. Executado em local aberto e ao ar livre, sem obstáculos e pessoas, em solo firme ou compactado.

3.3.3 Processamento de Dados

Após a fase experimental de coleta do banco de dados, para fins de obter principalmente o histórico de manutenção corretiva do sistema de transmissão e o horímetro atualizado dos tratores, e de testes, com intuito de averiguar a situação real em que os tratores se encontravam, passou-se para a fase de processamento de dados, onde essa ocorreu toda em escritório. Sendo

Tabela 3.3 – Tabela de Identificação de Pacotes com Provável Vazamento

BAIXA PRESSÃO NAS MARCHAS	PACOTE COM PROVÁVEL VAZAMENTO
1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, Ré 1 e Ré 3	Ímpar
2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, R2 e R4	Par
1, 2, 7, 8, 13 e 14	C1
3, 4, 9, 10, 15 e 16	C3
5, 6, 11, 12, 17 e 18	C5
1, 2, 3, 4, 5, 6, Ré 1 e Ré 2	Baixa
7, 8, 9, 10, 11, 12, Ré 3 e Ré 4	Média
13, 14, 15, 16, 17 e 18	Alta
Ré 1, Ré 2, Ré 3 e Ré 4	Ré

Fonte: adaptado de (CASE IH - AGRICULTURE, 2011)

todos esses dados processados por meio de um *software* tipo planilha de cálculo (Microsoft Excel®).

De início, apenas realizou-se a organização dos dados, onde foram estratificados em colunas, de números dos tratores, data de ocorrência da manutenção corretiva, horímetro em que o trator se encontrava no momento da parada, número da parada para a manutenção corretiva do sistema de transmissão de cada trator e o valor de cada manutenção corretiva.

Em seguida, calculou-se o intervalo de horas trabalhadas entre as manutenções corretivas de cada trator, a partir do horímetro em que o trator se encontrava em cada parada. Analisando os dados foram eliminados alguns intervalos muito discrepantes de todos os outros apresentados, ou seja, fez-se uma amostragem nos dados até então obtidos.

Com a amostra dos intervalos entre paradas determinados, calculou-se então a média dos intervalos obtidos, assim como a variância e o desvio padrão, sendo as equações 3.1, 3.2 e 3.3 usadas para os cálculos encontradas a seguir, respectivamente.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3.1)$$

Em que:

\bar{x} é a média dos dados;

x_i é o valor de um dado;

i é a posição do dado na ordem em que se encontra;

n é o número total de dados.

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \quad (3.2)$$

Em que:

s^2 é a variância amostral.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (3.3)$$

Em que:

s é o desvio padrão amostral.

Após cálculo da média, foi possível estimar o momento da próxima parada para manutenção corretiva no sistema de transmissão de cada trator, a partir do horímetro registrado da última parada, somado à média calculada.

Foi realizada uma organização mais criteriosa dos dados, uma vez que se calculou também a média entre as mesmas paradas de todos os tratores, por exemplo: determinou-se a média dos intervalos entre o horímetro zero e o horímetro em que os tratores se encontravam na primeira parada, entre a primeira e segunda parada, entre a segunda e terceira parada e assim sucessivamente.

Uma vez calculado essas médias, foi possível também obter mais precisamente a previsão da próxima parada para a realização na manutenção corretiva no sistema de transmissão dos tratores, a partir do horímetro registrado da última parada, somado à média calculada entre parada que na qual tal trator se encontra.

Com os valores médios calculados entre as mesmas paradas de todos os tratores, viabilizou a determinação de uma curva de tendência, obtida a partir de recursos disponibilizado no próprio *software* tipo planilha de cálculo utilizado para a realização de todos os cálculos até então.

Seguindo, realizou a estimativa do custo, apenas com peças trocadas, de cada manutenção corretiva. Essa apuração só foi possível devido à obtenção dos preços das peças trocadas em cada pacote quando o mesmo sofre danos e conseqüentemente uma manutenção corretiva, sendo essa lançada no sistema de gestão empresarial.

Finalmente, os dados apanhados no teste de vazamento realizado nos tratores, sucedeu-se a organização dos mesmos, onde os tratores que se encontrava com algum dos pacotes danificados receberam a condição de ruim, assim como os tratores que não apresentaram queda de pressão durante o teste em nenhum dos pacotes, receberam a condição de bom.

Esse procedimento foi realizado apenas para fins de comparação e comprovação com os resultados obtidos a partir dos cálculos empregando os dados históricos de manutenção corretiva

no sistema de transmissão. Uma vez que ao subtrair o valor do horímetro estimado de próxima parada pelo horímetro atual do trator, pode-se inferir se o trator está próximo ou distante do momento da próxima parada, ou até mesmo se o trator já deveria ter parado com dano no sistema de transmissão, possibilitando a formulação das propostas de manutenções preventivas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao se proceder com o processamento dos dados, chegou-se então a duas propostas de manutenções preventivas. A primeira a partir da estimativa de próxima parada utilizando apenas a média global dos intervalos entre manutenções corretivas, e a segunda baseando-se na estimativa de próxima parada dispondo da média entre as mesmas paradas de todos os tratores. Sendo assim, a partir das estimativas para as propostas, possibilitou também a comprovação fundamentada nos testes realizados com os tratores para averiguar se a situação atual se aproxima das previsões. Além do mais, viabilizou também a comparação entre os custos da manutenção corretiva e da manutenção preventiva.

4.1 1ª Proposta de Manutenção Preventiva

Para a primeira proposta de manutenção preventiva para o sistema de transmissão *Full Powershift* nos tratores, baseada nos dados históricos de manutenções corretivas, obteve-se as informações de valores da média global dos intervalos de horas entre manutenções corretivas, além da variância e desvio padrão da amostra retirada do conjunto de dados. Esses valores se encontram na Tabela 4.1 a seguir.

Tabela 4.1 – Valores de média global, variância e desvio padrão amostral.

Média (h)	3249
Variância (h²)	2785232
Desvio Padrão (h)	1669

Fonte: do Autor

Sendo assim, a partir dos valores de horas da última parada acrescidos da média dos intervalos entre manutenções corretivas, foi possível estimar o momento em que o trator se encontrará na próxima parada. Porém, como medida preventiva, para fins de não permitir que o trator chegue ao ponto de proceder com uma manutenção corretiva, subtraiu-se 500 horas da previsão de próxima parada do trator.

Para isso, quando feita à diferença entre a previsão de próxima parada e horímetro atual na qual os tratores se encontravam, foi possível obter uma condição prevista da situação em que o sistema de transmissão do trator se encontra, sendo essa condição classificada em bom, regular ou ótima. Uma vez que diferença entre a previsão de próxima parada e horímetro atual for acima de 500 horas recebe-se então a classificação como bom, entre 500 e 0 hora recebe regular e abaixo de 0 hora recebe a condição prevista de ruim. Desta forma, os cálculos de

previsão de próxima parada e condição prevista, foram realizados com as fórmulas 4.1 e 4.2 respectivamente.

$$PrevisãoDePróximaParada(h) = HorímetroDaÚltimaParada(h) + 3249(h) - 500(h) \quad (4.1)$$

$$CondiçãoPrevista(h) = PrevisãoDePróximaParada(h) - HorímetroAtual(h) \quad (4.2)$$

Sendo assim, os dados obtidos e calculados de horímetro atual, horímetro da última parada, previsão de próxima parada e a condição prevista em que o sistema de transmissão se encontra para cada equipamento, estão contidos na Tabela 4.2.

Portanto, para a primeira proposta de manutenção preventiva, consiste em parar o trator assim que a condição prevista do sistema de transmissão seja classificada como ruim. Uma vez que a condição prevista está baseada na previsão de próxima parada, essa já abatida em 500 horas.

4.2 2ª Proposta de Manutenção Preventiva

Já para a segunda proposta de manutenção preventiva para o sistema de transmissão *Full Powershift* nos tratores, baseado nos valores históricos calculados de intervalos entre as mesmas paradas de todos os tratores, obteve-se um gráfico de caixas, ilustrado na Figura 4.1, gerado pelo próprio *software* tipo planilha de cálculo. Nesta figura também se encontra uma curva de tendência, que nada mais é que uma regressão não linear, no caso uma função logarítmica, gerada a partir dos valores históricos médios de intervalos entre as mesmas paradas para a manutenção corretiva.

Sendo assim, a partir da equação da curva, uma vez que a mesma demonstrou ser bastante representativa dos valores, pois seu coeficiente de determinação foi de 0,988, foi possível estimar o momento em que o trator se encontrará na próxima parada. Porém, como medida preventiva, para fins de não permitir que o trator chegue ao ponto de proceder com uma manutenção corretiva, subtraiu-se 500 horas da previsão de próxima parada do trator, assim como o mesmo critério para a primeira proposta.

Portanto, seguindo a mesma linha da primeira proposta quando feita à diferença entre a previsão de próxima parada e horímetro atual na qual os tratores se encontravam, permitiu obter uma condição prevista da situação em que o sistema de transmissão do trator se encontra.

Tabela 4.2 – Dados obtidos e calculados para a 1ª proposta de manutenção preventiva, utilizando a média.

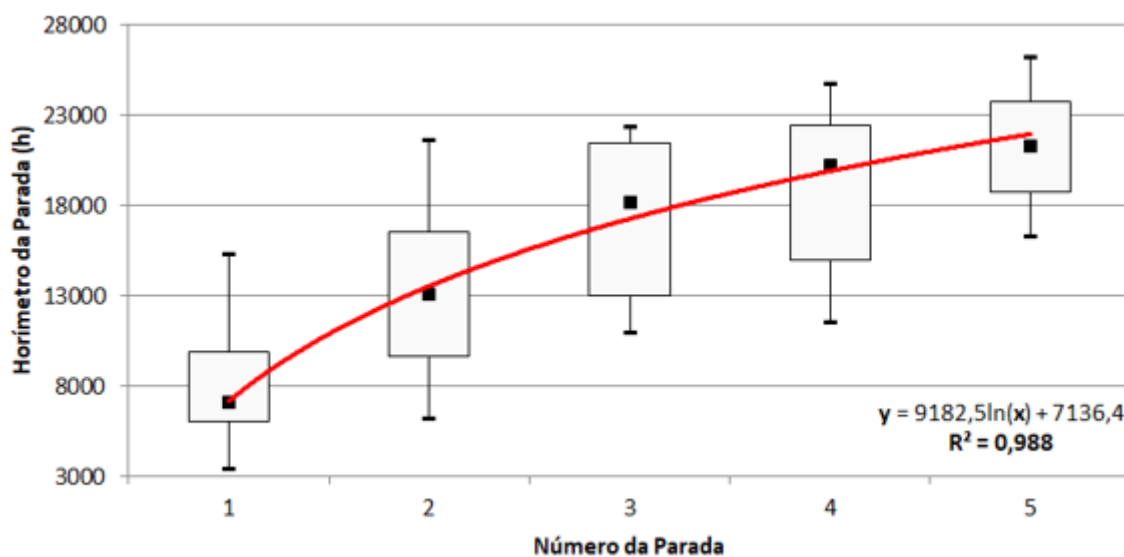
EQUIPAMENTO	HORÍMETRO ATUAL (h)	HORÍMETRO DA ÚLTIMA PARADA (h)	PREVISÃO DE PRÓXIMA PARADA (h)	CONDIÇÃO PREVISTA
Trator 1	26317	22307	25056	↓
Trator 2	25902	20413	23162	↓
Trator 3	25891	18152	20901	↓
Trator 4	25317	21743	24492	↓
Trator 5	24486	16659	19408	↓
Trator 6	23654	7787	10536	↓
Trator 7	23612	17004	19753	↓
Trator 8	23384	22299	25048	↑
Trator 9	23180	16275	19024	↓
Trator 10	22876	31576	34325	↑
Trator 11	22789	7607	10356	↓
Trator 12	21665	15462	18211	↓
Trator 13	20652	21581	24330	↑
Trator 14	19897	16950	19699	↓
Trator 15	15330	21701	24450	↑
Trator 16	11538	20257	23006	↑
Trator 17	11450	7699	10448	↓
Trator 18	11128	14295	17044	↑
Trator 19	10715	4521	7270	↓
Trator 20	10711	6809	9558	↓
Trator 21	10665	7643	10392	↓
Trator 22	10531	3780	6529	↓
Trator 23	10519	6619	9368	↓
Trator 24	10335	6179	8928	↓
Trator 25	10301	5902	8651	↓
Trator 26	10227	6957	9706	↓
Trator 27	10204	3646	6395	↓
Trator 28	10190	7295	10044	↓
Trator 29	10005	8212	10961	↑
Trator 30	9948	9053	11802	↑
Trator 31	9635	8529	11278	↑
Trator 32	9541	7689	10438	↑
Trator 33	9455	8578	11327	↑

Fonte: do Autor

Sendo essa condição classificada em bom, regular ou ruim, da mesma maneira como no item anterior, assim como os cálculos de previsão de próxima parada e condição prevista.

Sendo assim, os dados obtidos e calculados de horímetro atual, horímetro da última parada, previsão de próxima parada e a condição prevista em que o sistema de transmissão se encontra para cada equipamento, estão contidos na Tabela 4.3.

Figura 4.1 – Número da parada vs Horímetro da parada



Fonte: do Autor

Contudo, para a segunda proposta de manutenção preventiva consiste em parar o trator assim que a condição prevista do sistema de transmissão seja classificada como ruim, uma vez que a condição prevista está baseada na previsão de próxima parada, essa já abatida em 500 horas.

4.3 Comparação e Comprovação das Propostas

Com o intuito comparativo, os testes de vazamento serviram de base para tal, visto que a partir dos testes observou-se a situação real do sistema de transmissão na qual os tratores se encontravam, sendo possível comparar com a condição prevista. Os dados dos testes se encontram na Tabela 4.4, estando identificados os pacotes em que e o quanto houve queda de pressão no sistema de transmissão, sendo esses recebendo uma classificação de ruim. Ao ponto que os tratores em que não identificado queda de pressão em nenhum dos pacotes de transmissão, foram classificados em bom para sua situação atual.

Quando feita a comparação, que se encontra na Tabela 4.5, entre a condição prevista pela média geral e pela obtida a partir da equação da curva, com a situação atual. Nota-se que a primeira proposta de manutenção preventiva do sistema de transmissão *Full Powershift* obteve-se uma assertividade de aproximadamente 39%, uma vez que a condição prevista coincidiu com a situação atual em apenas 13 dos 33 tratores analisados. Em contra partida, a segunda proposta atingiu cerca de 82% de assertividade, dado que a condição prevista se assemelhou

Tabela 4.3 – Dados obtidos e calculados para a 2ª proposta de manutenção preventiva, utilizando a equação da curva.

EQUIPAMENTO	HORÍMETRO ATUAL (h)	HORÍMETRO DA ÚLTIMA PARADA (h)	PREVISÃO DE PRÓXIMA PARADA (h)	CONDIÇÃO PREVISTA
Trator 1	26317	22307	25731	↓
Trator 2	25902	20413	25731	↓
Trator 3	25891	18152	24505	↓
Trator 4	25317	21743	25731	–
Trator 5	24486	16659	23089	↓
Trator 6	23654	7787	24505	↑
Trator 7	23612	17004	24505	↑
Trator 8	23384	22299	24505	↑
Trator 9	23180	16275	24505	↑
Trator 10	22876	31576	23089	–
Trator 11	22789	7607	23089	–
Trator 12	21665	15462	21415	↓
Trator 13	20652	21581	21415	↑
Trator 14	19897	16950	19366	↓
Trator 15	15330	21701	16724	↑
Trator 16	11538	20257	13001	↑
Trator 17	11450	7699	13001	↑
Trator 18	11128	14295	13001	↑
Trator 19	10715	4521	13001	↑
Trator 20	10711	6809	13001	↑
Trator 21	10665	7643	13001	↑
Trator 22	10531	3780	13001	↑
Trator 23	10519	6619	13001	↑
Trator 24	10335	6179	13001	↑
Trator 25	10301	5902	13001	↑
Trator 26	10227	6957	13001	↑
Trator 27	10204	3646	13001	↑
Trator 28	10190	7295	13001	↑
Trator 29	10005	8212	13001	↑
Trator 30	9948	9053	13001	↑
Trator 31	9635	8529	13001	↑
Trator 32	9541	7689	13001	↑
Trator 33	9455	8578	13001	↑

Fonte: do Autor

com a situação atual em que o sistema de transmissão dos tratores se encontrava em 27 dos 33 tratores.

Logo, é possível verificar que a proposta em que considera que os intervalos de horas trabalhadas entre manutenções corretivas no sistema de transmissão dos tratores são diferentes em

Tabela 4.4 – Resultado dos testes de vazamento.

EQUIPAMENTO	QUEDA DE PRESSÃO NOS PACOTES (kPa)										SITUAÇÃO ATUAL	
	Ím-par	Par	C1	C3	C5	Baixa	Média	Alta	Ré	Embreagem Principal		
Trator 1						135						↓
Trator 2												↑
Trator 3		67										↓
Trator 4												↑
Trator 5										96		↓
Trator 6												↑
Trator 7												↑
Trator 8												↑
Trator 9												↑
Trator 10												↑
Trator 11												↑
Trator 12												↑
Trator 13												↑
Trator 14					73							↓
Trator 15						25						↓
Trator 16						46		26				↓
Trator 17												↑
Trator 18												↑
Trator 19												↑
Trator 20												↑
Trator 21												↑
Trator 22												↑
Trator 23												↑
Trator 24												↑
Trator 25												↑
Trator 26												↑
Trator 27												↑
Trator 28				51								↓
Trator 29												↑
Trator 30	22			12								↓
Trator 31												↑
Trator 32												↑
Trator 33												↑

Fonte: do Autor

função da quantidade de manutenções corretivas já realizadas, apresentou resultados melhores em relação à proposta em que considera que os intervalos são iguais.

Desta forma, constata-se que a segunda proposta de manutenção preventiva se sobressaiu em relação à primeira, estando de acordo com Almeida (2000 apud COSTA, 2013), onde afirma

Tabela 4.5 – Comparação entre as condições previstas e a situação atual.

EQUIPAMENTO	CONDIÇÃO PREVISTA		SITUAÇÃO ATUAL
	Média	Regressão	
Trator 1	↓	↓	↓
Trator 2	↓	↓	↑
Trator 3	↓	↓	↓
Trator 4	↓	–	↑
Trator 5	↓	↓	↓
Trator 6	↓	↑	↑
Trator 7	↓	↑	↑
Trator 8	↑	↑	↑
Trator 9	↓	↑	↑
Trator 10	↑	–	↑
Trator 11	↓	–	↑
Trator 12	↓	↓	↑
Trator 13	↑	↑	↑
Trator 14	↓	↓	↓
Trator 15	↑	↑	↓
Trator 16	↑	↑	↓
Trator 17	↓	↑	↑
Trator 18	↑	↑	↑
Trator 19	↓	↑	↑
Trator 20	↓	↑	↑
Trator 21	↓	↑	↑
Trator 22	↓	↑	↑
Trator 23	↓	↑	↑
Trator 24	↓	↑	↑
Trator 25	↓	↑	↑
Trator 26	↓	↑	↑
Trator 27	↓	↑	↑
Trator 28	↓	↑	↓
Trator 29	↑	↑	↑
Trator 30	↑	↑	↓
Trator 31	↑	↑	↑
Trator 32	↑	↑	↑
Trator 33	↑	↑	↑
ASSERTIVIDADE	39%	82%	

Fonte: do Autor

que os reparos e recondiçõamentos de máquinas, na maioria das empresas, são planejados a partir de estatísticas, sendo a mais largamente usada a curva do tempo médio para falha.

Observa-se também que na primeira proposta, quando comparado o valor da média geral de horas trabalhadas entre manutenções corretivas com a curva gerada na segunda proposta, é nítida que em alguns momentos a média está subestimada, no caso antes da quarta parada,

e em outros momentos a média está superestimada, no caso da quarta parada em diante. E isso acaba sendo um tanto quanto prejudicial quando o intervalo entre manutenções preventivas não é escolhido corretamente, resultando assim em casos semelhantes aos descritos por Costa (2013). Onde o mesmo autor afirma que ao escolher intervalos errôneos entre manutenções preventivas, em alguns casos de subestimar, apesar dos esforços para prevenir a falha, esta acaba acontecendo, associando gastos preventivos aos corretivos, e em outros casos de superestimar, o reparo realizado muito antes do necessário, precede em desperdício de peças e trabalho.

É notável também, que a partir da curva de tendência gerada na segunda proposta, o intervalo de horas trabalhadas entre manutenções tendem a diminuir com o aumento da idade do trator. Pode-se inferir que isso ocorre devido ao fato de que a manutenção corretiva é realizada apenas no pacote que na qual apresentou danos. Portanto, como são dez pacotes ao todo, em razão de que devido a sua vida útil, em algum momento todos os pacotes sofrerão manutenções corretivas, ao ponto que o intervalo entre paradas tendem ficar cada vez menor. E mesmo que depois de realizada as manutenções corretivas em todos os pacotes, quando chegar a ocorrer a manutenção no décimo pacote, o primeiro certamente já estará bem próximo de ocorrer algum dano e novamente sofrer manutenção corretiva. Se tornando assim um ciclo, onde em algum momento não será mais compensatório manter esse maquinário em operação.

No entanto, com a utilização da manutenção preventiva, os intervalos entre paradas podem ser prolongados, uma vez que uma das maiores causas da queda de pressão nos pacotes é a danificação dos anéis de borrachas retentores. Em virtude de quando esses anéis são danificados, devido ao uso normal da máquina, ocorrerá o vazamento indesejado de lubrificante dos pacotes para a caixa de câmbio. Uma vez esses pacotes mal lubrificados ocorrerão um desgaste excessivo nos discos e/ou até mesmo a fundição ou quebra dos mesmos, sendo assim indispensável à manutenção corretiva neste momento.

4.4 Análise dos Custos

Ao prolongar o intervalo entre as manutenções corretivas no sistema de transmissão dos tratores devido à realização de manutenções preventivas, isso certamente resultará em redução de custos. Uma vez que nas manutenções preventivas, será realizada apenas inspeção do sistema através da abertura das tampas laterais das caixas de cambio, e somente em caso de certificação de algum dano nos anéis retentores, prosseguir com uma manutenção corretiva desses elemen-

tos. Sendo assim, prevenindo um prejuízo maior em caso de danificação de outros elementos como os discos, pistão ¹, pacote e até mesmo o eixo.

Portanto, a partir do histórico dos valores das peças em que normalmente são trocadas em caso de manutenções corretivas, foi possível realizar uma estimativa da redução dos custos para três dos cinco eixos do sistema de transmissão *Full Powershift*, que se encontra na Tabela 4.6. Quando comparar uma manutenção corretiva, em que é realizada apenas quando o trator não tem mais condições de operação, sendo necessária a troca de diversas peças, com uma manutenção preventiva, em que é realizada em intervalos de tempos pré-determinados, como por exemplo, utilizando a segunda proposta, onde é efetuada a troca de apenas anéis retentores.

Tabela 4.6 – Relação da estimativa de custos entre manutenção corretiva e manutenção preventiva.

EIXO	PACOTES	Manutenção Corretiva	Manutenção Preventiva	RELAÇÃO MC : MP
1	C1– C3 – C5 – Ré	R\$ 639.66	R\$ 64.06	10,0 : 1
2	Ímpar – Par	R\$ 1,234.49	R\$ 64.06	19,3 : 1
3	Alta – Média	R\$ 4,400.73	R\$ 64.06	68,7 : 1
	TOTAL	R\$ 6,274.88	R\$ 192.18	32,7 : 1

Fonte: do Autor

Observa-se que para o eixo em que a manutenção corretiva é a mais barata, quando relacionada com a manutenção preventiva tem-se um fator de dez vezes a diferença de uma manutenção para a outra. Assim, dar-se-á a importância de uma manutenção preventiva nesse sistema tão complexo quanto é o sistema de transmissão *Full Powershift*. No mais, esse montante em capital ficará muito mais expressivo quando multiplicado pela quantidade de tratores em operação, que no caso, os trinta e três tratores.

No entanto, está em consentimento com o que Monteiro Júnior (2019) reiterou, que a manutenção preventiva é mais barata em relação à manutenção corretiva. Uma vez que tendo o seu planejamento feito antes de ser efetuada a intervenção na máquina, evita paradas desnecessárias e não programadas, continuando com a produtividade do equipamento.

¹ **Pistão:** responsável pela compressão dos discos no momento em que o pacote está acionado.

5 CONCLUSÃO

Tendo como base os resultados obtidos no trabalho, é possível concluir que:

A média geral de intervalos de horas trabalhadas entre paradas para a realização de manutenção corretiva no sistema de transmissão *Full Powershift* de tratores, não é um valor satisfatório como base para formulação de uma manutenção preventiva, uma vez que em momentos esse valor é subestimado e em outro é superestimado.

Já quando considerado a diferença entre intervalos de horas trabalhadas entre manutenção corretiva, e a partir disso obtendo uma curva de tempo médio por falha, os resultados obtidos foram satisfatórios como base para a formulação de uma manutenção preventiva, quando dispendo de uma equação de regressão, determinada com base na média de intervalos entre manutenções corretivas.

Ambas as conclusões anteriores puderam ser comprovadas quando comparadas com a situação real em que os sistemas de transmissão se encontravam, certificando ainda mais a eficácia da proposta quando considerada a diferença entre intervalos em função do número da manutenção corretiva.

Além disso, a partir da análise dos custos de manutenção corretiva e de manutenção preventiva, fez-se justificar ainda mais o quão importante é a implantação de uma manutenção planejada a fim de prevenir o sistema de transmissão em questões financeiras.

5.1 Recomendações

Fazer uma análise mais criteriosa da continuidade da curva de tendência referente aos intervalos de horas trabalhadas entre manutenções corretivas do sistema de transmissão, para um estudo de qual horímetro de parada não seria mais interessante manter o trator em operação, já que é uma função logarítmica e tem como tendência a constância a partir de um dado momento.

Outro ponto interessante é a continuidade na realização de estudos com tratores de diversas fabricantes e com diversos sistemas de transmissão, a fim de avaliar se essas tendências seguem as mesmas das encontradas neste trabalho, ou se são específicas para o fabricante e modelo de trator utilizado neste experimento.

REFERÊNCIAS

- ABRAMAN. **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS**. [S.l.]. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/>>. Acesso em: 19 set. 2018.
- ALMEIDA, M. T. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade**. [s.n.], 2000. Disponível em: <<http://www.mtaev.com.br/download/mnt1.pdf>>. Acesso em: 06 out. 2011.
- ALONSO, M. J. G. **Descripción y estudio técnico de las estrategias de conducción de los tractores Deutz-Fahr**. [S.l.: s.n.], 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 5462**. Rio de Janeiro, 1994.
- CASE IH - AGRICULTURE. **Manual de Serviço**. Curitiba, 2011.
- CASTELLA, M. C. **Análise crítica da área de manutenção em uma empresa brasileira de geração de energia elétrica**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2001.
- COSTA, M. d. A. **Gestão estratégica de manutenção: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional**. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2013.
- FARIAS, M. S. d. **ECONOMIA DE COMBUSTÍVEL DE TRATORES AGRÍCOLAS UTILIZANDO DIFERENTES TRANSMISSÕES E ESTRATÉGIA DE CONDUÇÃO**. Tese (Doutorado) — UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS, Santa Maria, 2016.
- GOERING, C. E. **Engine and Tractor Power**. 5. ed. USA: ASAE, 1992.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2009.
- KEMPF, T. Development of an automatically shifted partial powershift transmission. **Landtechnik**, v. 54, n. 2, p. 70–71, 1999.
- KIM, J. H.; KIM, K. U.; WU, Y. G. Analysis of transmission load of agricultural tractors. **Journal of Terramechanics**, v. 37, p. 113–125, 2000.
- LINARES, P.; MÉNDEZ, V.; CATALÁN, H. Design parameters for continuously variable power-split transmissions using planetaries with 3 active shafts. **Journal of Terramechanics**, v. 47, p. 323–335, 2010.
- MACHADO, A. L. T. et al. **Máquinas para preparo do solo, semeadura, adubação e tratamentos culturais**. Pelotas: UFPel, 2001. 229 p.
- MÁRQUEZ, L. Ergonomía y seguridad en los tractores. In: **Solo tractor'90**. Madrid: Laboreo, 1990. cap. 4, p. 146–207.
- MÁRQUEZ, L. Las transmisiones: el escalonamiento de las marchas. In: **Agrotécnica**. Madrid: [s.n.], 2004. v. 1, p. 55–62.
- MÁRQUEZ, L. **Tractores Agrícolas: Tecnología y Utilización**. Espanha: BH Grupo Editorial, 2012. 844 p.

- MIALHE, L. G. **Máquinas motoras na agricultura**. São Paulo: EDUSP, 1980.
- MIALHE, L. G. **Máquinas Agrícolas: Ensaio e certificação. Piracicaba**. São Paulo: ESALQ/USP, 1996. 722 p.
- MONTANHA, G. K. et al. Consumo de combustível de um trator agrícola no preparo do solo para a cultura do algodão irrigado em função da pressão de inflação nos pneus. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 26, p. 39–51, 2011.
- MONTEIRO JÚNIOR, R. F. **MANUTENÇÃO EM MÁQUINAS RODOVIÁRIAS: UM ESTUDO DE CASO**. Teresina: [s.n.], 2019.
- NETO, J. a. C. d. S.; LIMA, A. M. G. d. **Implantação do Controle de Manutenção**. [S.l.: s.n.], 2002.
- OLIVEIRA, L. E. K. et al. **Trabalhador na operação e na manutenção de tratores agrícolas: operação de arado de discos reversíveis**. Brasília: SENAR, 2001. 76 p.
- OTANI, M.; MACHADO, W. V. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. **Revista Gestão Industrial**, v. 4, n. 2, p. 01–16, 2008.
- PATTON JÚNIOR, J. D. **Preventive Maintenance**. [S.l.]: Instrument Society of America, 1983.
- RENIUS, K. T. Trends in tractor design with particular reference to europe. **Journal Agriculture Engineering Research**, v. 57, p. 3–22, 1994.
- RIBAS, R. L. et al. Transmissões presentes em tratores agrícolas no brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, p. 2206–2209, 2010.
- SCHLOSSER, J. F. Motores e tratores agrícolas. **Caderno didático**, Departamento de Engenharia Rural, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, p. 76, 1997.
- SCHLOSSER, J. F. Tratores agrícolas. In: **Série Técnica – Módulo II**. Santa Maria: UFSM - Núcleo de Ensaio de Máquinas Agrícolas, Centro de Ciências Rurais, 1998. p. 64.
- SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL - SENAR. **Manutenção de tratores agrícolas**. São Paulo, 2010. 11 p.
- SIMONE, M. E. et al. **El Tractor Agrícola – fundamentos para su selección y uso**. Argentina: Almalevi, 2006. 255 p.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2002. 76 p.
- TAVARES, L. **Administração Moderna de Manutenção**. New York: Novo Pólo Editora, 1998.
- VELOSO, N. **Gerenciamento e manutenção de equipamentos móveis**. 2. ed. São Paulo: Sobratema, 2015.

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.** Tese (Doutorado) — UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, Florianópolis, 2009.

XAVIER, J. N. **Manutenção: Tipos e Tendências.** [s.n.], 2005. Disponível em: <<http://www.engeman.com.br/site/ptb/artigostecnicos.asp/manutencaotiposetendencias.zip>>. Acesso em: 28 nov. 2007.

APÊNDICE A – TESTE DE VAZAMENTO PARA SISTEMA DE TRANSMISSÃO FULL POWERSHIFT.

TRANSMISSÃO Powershift - Teste de vazamento

NOTA: O controlador da transmissão monitora a pressão através do transdutor de pressão do sistema. A pressão do coletor pode ser lida a partir da instrumentação do trator pela tela TRANS SYS PRESSURE (Pressão do sistema de transmissão).

NOTA: Para executar o teste de vazamento da transmissão a válvula solenoide de pressão do sistema deve estar desabilitada. Caso não esteja desabilitada, a válvula solenoide manterá a pressão constante para as embreagens mesmo se uma embreagem estiver vazando excessivamente.

1. Para executar o teste de vazamento da transmissão, a válvula solenoide de pressão do sistema deve estar desabilitada:
 - O conjunto da válvula solenoide de pressão do sistema está localizado na válvula de prioridade/regulador. Desconecte o conector C436 da válvula solenoide de pressão do sistema.
 - Um conjunto de solenoide de pressão do sistema sobressalente, ou um conjunto de solenoide de válvula remota sobressalente é necessário para executar este teste.
 - Ligue o conjunto da válvula solenoide sobressalente ao conector 436F. O solenoide sobressalente é utilizado para fazer o controlador pensar que a válvula solenoide de pressão do sistema ainda está no circuito.
 2. Para executar o teste de vazamento da transmissão:
 - Opere o motor em 1500 RPM até que a temperatura do óleo de transmissão exibida na instrumentação seja de pelo menos 49 °C (120 °F).
 - Desligue os interruptores da TDF e do bloqueio do diferencial, e ligue o interruptor da MFD.
 - Pressione a tecla INCR conforme necessário para exibir a tela TRANS SYS PRESSURE (Pressão do sistema de transmissão) na instrumentação do trator.
 - Aumente a rotação do motor até 2000 RPM.
 3. Registre a pressão do coletor da transmissão: _____ . Reduza a rotação do motor até a marcha lenta baixa. Continue com a etapa 4.
-

-
4. Verifique se há códigos de falha ativos no controlador da transmissão para um destes componentes:
- Falha no transdutor de pressão do sistema.
 - Circuito aberto ou em curto entre o transdutor e o controlador.
 - Baixa pressão regulada de alimentação às válvulas da transmissão.
 - Baixa pressão do coletor da transmissão devido a um vazamento na embreagem.
 - Circuito aberto ou em curto entre o solenoide da válvula da transmissão e o controlador.
 - - Caso as condições de falha ativas estejam presentes, use a solução de problemas neste manual para resolver o problema.
 - Caso as condições de falha ativas não estejam presentes, continue na Etapa 5.
5. Para registrar as pressões da embreagem em cada marcha:
- Coloque o controle da transmissão em Estacionar.
 - Opere o motor em 1500 RPM até que a temperatura do óleo de transmissão exibida na instrumentação seja de pelo menos 49 °C (120 °F).
 - Desligue os interruptores da TDF e do bloqueio do diferencial, e ligue o interruptor da MFD.
 - Pressione a tecla INCR conforme necessário para exibir a tela TRANS SYS PRESSURE (Pressão do sistema de transmissão) na instrumentação do trator.

NOTA: O trator deve ser acionado para executar este teste. Execute este teste em um local aberto ao ar livre sem obstáculos e pessoas.

6. Registre a TRANS SYS PRESSURE (Pressão do sistema de transmissão) para cada engrenagem de avanço e de marcha à ré:

- Mova o controle da transmissão para a posição de Avanço. Solte o pedal de avanço gradual.
- Selecione a 1ª marcha com o interruptor de seleção de marcha. Registre a pressão do coletor da válvula para a marcha selecionada na tabela a seguir.
- Repita este procedimento para cada marcha de avanço na faixa.
- Volte para a 1ª marcha e mova o controle da transmissão para marcha à ré.
- Desloque através das velocidades de marcha à ré e registre a pressão para cada uma delas.

Marcha 1	Marcha 7	Marcha 13
Marcha 2	Marcha 8	Marcha 14
Marcha 3	Marcha 9	Marcha 15
Marcha 4	Marcha 10	Marcha 16
Marcha 5	Marcha 11	Marcha 17
Marcha 6	Marcha 12	Marcha 18
À ré 1		
À ré 2		
À ré 3		
À ré 4		

7. Examine os resultados: A TRANS SYS PRESSURE (Pressão do sistema de transmissão) será visivelmente mais baixa nas seguintes marchas caso um vazamento significativo da embreagem esteja presente.

Baixa pressão nas marchas	Causa provável
R1, R2, R3 e R4	Vazamento na embreagem de marcha à ré
1, 2, 7, 8, 13 e 14	Vazamento na primeira embreagem de velocidade
3, 4, 9, 10, 15 e 16	Vazamento na terceira embreagem de velocidade
5, 6, 11, 12, 17 e 18	Vazamento na quinta embreagem de velocidade
1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, R1 e R3	Vazamento na embreagem ímpar
2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, R2 e R4	Vazamento na embreagem par
1, 2, 3, 4, 5, 6, R1 e R2	Vazamento na embreagem de faixa baixa
7, 8, 9, 10, 11, 12, R3 e R4	Vazamento na embreagem de faixa média
13, 14, 15, 16, 17 e 18	Vazamento na embreagem de faixa alta
Todas as marchas do super-redutor	Vazamento na embreagem do super-redutor