

Possíveis pontos de contaminação do óleo lubrificante por sílica, em motores diesel

Possible contamination points of lubricating oil by silica in diesel engines

Posibles puntos de contaminación del aceite lubricante por sílice en motores diésel

Recebido: 27/11/2020 | Revisado: 05/12/2020 | Aceito: 08/12/2020 | Publicado: 10/12/2020

Evelin Larissa Rombi De Aquino

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2027-3842>

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Brasil

E-mail: evelin.aquino@unesp.br

Mario Mollo Neto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8341-4190>

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Brasil

E-mail: mario.mollo@unesp.br

Lucas Malagutti Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3552-1653>

Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo, Brasil

E-mail: malaguttijd@gmail.com

Flávio José De Oliveira Morais

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7638-1984>

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Brasil

E-mail: flavio.morais@unesp.br

Paulo Sérgio Barbosa Dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8211-3882>

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Brasil

E-mail: paulo.sb.santos@unesp.br

Resumo

O alto custo de manutenção e despesas com lubrificantes são citados como desvantagens da mecanização agrícola. O setor de manutenção de frota é responsável por grande parte dos custos nas propriedades agroindustriais e toda inovação empregada na redução destes custos pode impactar diretamente no preço final do produto. A análise laboratorial do óleo lubrificante é uma das principais ferramentas de manutenção para verificação de anormalidades no motor diesel e torna possível o monitoramento das condições químicas e

físicas do óleo por meio de análises que apontam a presença de contaminação por água, partículas ferrosas e contaminantes externos como a Sílica, que pode ser proveniente da poeira, e é uma das principais fontes de contaminação do óleo lubrificante, sendo a causa mais comum de desgaste. Diante deste contexto, o objetivo do presente artigo é indicar os possíveis pontos de contaminação do óleo lubrificante do motor diesel por Sílica e propor um *check list* que possa ser utilizado numa inspeção visual detalhada, a ser inserida na rotina de manutenção preventiva dos tratores agrícolas, com a finalidade de identificação de possível contaminação por elementos externos, evitando assim que o sistema continue sendo contaminado até a chegada dos resultados das análises laboratoriais.

Palavras-chave: Manutenção preditiva; Check list; Motor diesel.

Abstract

The high cost of maintenance and expenses with lubricants are cited as disadvantages of agricultural mechanization. The fleet maintenance sector is responsible for a large part of the costs in agro-industrial properties and any innovation employed to reduce these costs can directly impact the final price of the product. A laboratory analysis of lubricating oil is one of the main maintenance tools for checking for abnormalities in the diesel engine and makes it possible to monitor physical and physical conditions through analyzes that point out the presence of contamination by water, ferrous particles and external contaminants such as Silica, which may come from dust, is one of the main sources of contamination of lubricating oil, being the most common cause of wear. Given the context, the objective of this article is to indicate the possible points of contamination of the lubricating oil of the diesel engine by Silica and to propose a check list that can be used in a detailed visual precision, to be inserted in the preventive maintenance routine of agricultural tractors, with the identification of identification of possible contamination by external elements, thus preventing the system from continuing to be contaminated until the results of laboratory analysis arrive.

Keywords: Predictive maintenance; Checklist; Diesel engine.

Resumen

El alto costo de mantenimiento y los gastos con lubricantes se citan como desventajas de la mecanización agrícola. El sector de mantenimiento de flotas es responsable de una gran parte de los costos en propiedades agroindustriales y cualquier innovación empleada para reducir estos costos puede impactar directamente en el precio final del producto. Un análisis de laboratorio de aceite lubricante es una de las principales herramientas de mantenimiento para

la verificación de anomalías en el motor diesel y permite monitorear las condiciones físicas y físicas a través de análisis que señalan la presencia de contaminación por agua, partículas ferrosas y contaminantes externos como La sílice, que puede provenir del polvo, es una de las principales fuentes de contaminación del aceite lubricante, siendo la causa más común de desgaste. Dado el contexto, el objetivo de este artículo es indicar los posibles puntos de contaminación del aceite lubricante del motor diesel por Sílice y proponer una lista de verificación que se puede utilizar con una precisión visual detallada, para ser insertada en la rutina de mantenimiento preventivo de los tractores agrícolas, la identificación de identificación de posible contaminación por elementos externos, evitando así que el sistema continúe contaminado hasta que lleguen los resultados de los análisis de laboratorio.

Palabras clave: Mantenimiento predictivo; Lista de Verificación; Motor diesel.

1. Introdução

Os maquinários agrícolas surgiram para auxiliar o homem na atividade, diminuindo o seu desgaste físico e substituindo a força animal, o que possibilitou o aumento da produção, a exploração de áreas mais extensas, maior velocidade nas operações, redução de necessidade de mão-de-obra e o atendimento da demanda cada vez maior por alimentos (Goodman, Sorj & Wilkinson, 2008), sendo inicialmente movidos a vapor e evoluindo rapidamente para o funcionamento a gasolina e depois a diesel, e posteriormente foram introduzidas novas tecnologias (Vian et al, 2013).

As principais desvantagens da mecanização são a compactação do solo, a necessidade de mão-de-obra especializada para operação e manutenção, o alto investimento de implementação e as despesas com lubrificantes e combustíveis (Magro & Cavichioli, 2017; Jacto, 2019), sendo a manutenção considerada fator crítico em diversas áreas (Silva et al, 2020).

Santos et al, (2014), destacam que as manutenções preventivas e preditivas proporcionam a redução dos custos com manutenção, economia de lubrificantes, e prolongamento da vida útil dos componentes quando são realizadas corretamente. Segundo Jasiulewicz-Kaczmarek & Gola (2019), uma manutenção preditiva efetiva pode proporcionar também a minimização de impactos ambientais, uma vez que possibilita a redução de resíduos (trocas de óleos desnecessárias, peças danificadas, etc.), redução do consumo de combustível e redução na emissão de gases de efeito estufa. Já a ausência ou ineficiência das manutenções

reduz a confiabilidade do trator, aumentam o consumo de combustível, diminuem a potência e a vida útil do motor, e aumentam a emissão de gases de escape (Abdallah et al, 2014).

O objetivo da manutenção preditiva é evitar falhas nos equipamentos com base no acompanhamento de diferentes parâmetros e que a parada para manutenção seja planejada e ocorra de forma mais precisa e efetiva, o que afeta diretamente os custos com manutenção (Kardec & Nascif, 2009), uma vez que evita manutenções corretivas de alto custo, que demandam mão-de-obra qualificada e indisponibilizam o equipamento por longos períodos (Girdhar & Scheffer, 2004).

A troca do óleo lubrificante deve ser realizada conforme consta no manual de manutenção do equipamento fornecido pelo fabricante, e é parte da manutenção preventiva do equipamento, e visa a não ocorrência de danos (Girdhar & Scheffer, 2004), já a periodicidade das coletas de amostras para análises laboratoriais é determinada pelo departamento de manutenção preditiva com base em sistemas de monitoramento/históricos dos equipamentos, e visa a diminuição dos custos com manutenção, adotando critérios próprios de manutenção ou troca de componentes (SENAR, 2009).

O lubrificante utilizado nos motores, desempenha funções importantes, tais como: minimização do atrito entre peças e consequente redução significativa do desgaste; redução de ruídos; amortecimento de choques (Tanaka, Padovan & Viana, 2014); facilitação da partida em baixas temperaturas (Padovan & Anjos, 2012); redução da perda de pressão da câmara de combustão (vedando a folga dos anéis de segmento do pistão) (Santos et al, 2014); além de atuar como elemento de limpeza (Valtra do Brasil LTDA, 2007; Delebecq et al, 1983), retirando os contaminantes sólidos gerados durante o funcionamento do motor e transportando esse material particulado para o elemento filtrante para ser retirado do circuito de lubrificação (Junqueira & Oliveira, 2013); diminuição do aquecimento dos componentes em atrito – absorção do calor (Moore, 2007); e formação de película lubrificante nas peças para proteção contra a corrosão, oxidação e formação de depósitos (Delebecq et al, 1983; Moore, 2007).

A análise laboratorial do óleo lubrificante é uma das principais ferramentas de manutenção para verificação de anormalidades no motor diesel, se destacando entre os métodos de manutenção (Godfrey, 1989, Girdhar & Scheffer, 2004; Aquino, et al, 2020), e torna possível o monitoramento das condições químicas e físicas do óleo por meio de análises que apontam a presença de contaminação por água, presença de partículas ferrosas e contaminantes externos (Santos et al, 2014; Olver, 2002) como a Sílica, o potássio, e outros. A detecção antecipada dessas irregularidades possibilita maior assertividade e segurança nas

tomadas de decisão nas manutenções, aumentando da confiabilidade e conseqüentemente, a disponibilidade do equipamento (Olver, 2002).

O Instituto Americano de Petróleo (API, 1988) aponta a poeira como uma das principais fontes de contaminação do óleo lubrificante, e Olver (2002), afirma que o Silício decorrente da contaminação por sujeira é a causa mais comum de desgaste. Sendo que a contaminação do óleo lubrificante por Sílica, representa alto fator de desgaste de peças por abrasão, devido à elevada dureza das partículas (que pode ser comparada a do diamante quando combinada com Carbono) e que pressionadas às peças do motor, com menor dureza, se atritam ocasionando a retirada de material e conseqüentemente, danos severos ao motor (Olver, 2002). E a poeira contida no ar captado na admissão é um dos fatores mais nocivos ao motor uma vez que acelera o seu desgaste, diminuindo sua potência, e aumentando o consumo de combustível (Silveira, 2001).

O setor de manutenção preditiva executa um cronograma de análise de óleo, visando diagnosticar o equipamento de maneira eficaz, e para que o processo obtenha êxito, todas as etapas (coleta de amostra, análise laboratorial e análise dos resultados/diagnóstico) devem ser realizadas de maneira adequada. Quando a amostragem é realizada corretamente, garante a qualidade das informações e a padronização dos procedimentos e permite que o setor responsável crie um histórico do equipamento, facilitando a tomada de decisão/diagnóstico, reduzindo custos.

Abdallah et al (2014), identificaram, em estudo realizado em diferentes tratores, no Sudão, que o maior custo de reparo e manutenção registrado foi do motor. Os autores alegam que os sistemas agrícolas têm se tornado caros justamente devido aos altos custos de reparo e manutenção dos tratores agrícolas, salientando a importância dos cuidados com a manutenção regular dos tratores, para redução de falhas e custos extras, além da prevenção de desgaste prematuro. Nesse estudo, os autores constataram que os custos com reparo e manutenção aumentam com a idade do motor e o tempo de uso, o que também é afirmado por Dolas, Jaybhaye e Deshmukh (2014), e Painter (2011).

O objetivo do presente artigo é indicar os possíveis pontos de contaminação do óleo lubrificante do motor diesel por Sílica e propor um *check list* que possa ser utilizado numa inspeção visual detalhada, a ser inserida na rotina de manutenção preventiva dos tratores agrícolas, com a finalidade de identificação de possível contaminação por elementos externos, evitando assim que o sistema continue sendo contaminado até a chegada dos resultados das análises laboratoriais.

2. Metodologia

Realizou-se prospecção de referencial teórico que testemunhasse a relevância da manutenção preditiva na redução de custos de reparo.

Posteriormente adotou-se a hipótese de que uma inspeção visual adequada seria uma etapa relevante da manutenção preditiva, sendo capaz de detectar falhas antes que o problema se agravasse, minimizando ou até mesmo evitando gastos com reparos.

Sendo assim, a identificação dos possíveis pontos de contaminação do óleo lubrificante de motor diesel por Sílica, utilizando-se do método de inspeção visual poderia corroborar tal hipótese.

Realizou-se inspeção visual em três tratores da fabricante John Deere (modelos 6100J, 5055E, 7715), todos em concessionária, para venda ou reparos.

Elaborou-se uma lista teórica prévia das formas de contaminação do óleo lubrificante, onde, supostamente, tal contaminação poderia ser proveniente do sistema de admissão, do sistema de arrefecimento, do sistema de lubrificação e até mesmo do sistema de injeção.

A inspeção visual é uma técnica não destrutiva, que pode ou não utilizar dispositivo óptico auxiliar, sendo aplicada em ensaios de acabamento de peças, revestimentos, identificação de estados de superfícies, deformações e avarias mecânicas, evidências de vazamentos, entre outros. Tal técnica exige a definição clara e precisa dos critérios de aceitação ou rejeição do objeto inspecionado, que o executor seja qualificado para identificar avarias e irregularidades, mantendo-se padrões de limpeza e luminosidade para realização dos ensaios e sistema de registro dos resultados (Associação Brasileira De Normas Técnicas, 2017). É comumente utilizada para confirmação de danos detectados através de outras técnicas, como no estudo realizado por Corrêa, Maziero e Storino (2011), onde a inspeção visual realizada em um motor diesel não detectou nenhum desgaste interno, apesar de a análise de óleo lubrificante apontar contaminação em nível crítico, ou mesmo como técnica complementar, como no caso do estudo realizado por Gonzalez, Rivas e Beltrán (2017), onde a inspeção visual foi adotada em conjunto com outras técnicas para análise de falhas em um motor diesel.

A inspeção visual foi realizada a olho nu, sem auxílio de qualquer equipamento, um trator por vez, iniciando-se pelo sistema de admissão de ar, onde foi inspecionado todo o percurso do ar desde o filtro de ar até o motor do trator. Com a tampa do motor levantada foram observados todos os dutos por onde o ar percorre, sendo todos os pontos passíveis de contaminação anotados em um caderno de campo para posterior tabulação dos dados.

No sistema de arrefecimento foi observado o percurso do líquido e todos os componentes que poderiam apresentar falha ou estarem danificados. Já no sistema de lubrificação observou-se a vareta de nível, bocal de abastecimento, drenos e as condições gerais do bloco. Por fim, foi inspecionado o sistema de injeção, sendo observadas as condições gerais dos injetores, bocal de abastecimento e reservatório de combustível.

Os dados coletados em caderno de campo foram tabulados com o auxílio do Excel e então foram coletados os valores de tais itens para uma estimativa do custo de substituição, e também foi coletado valor para substituição do motor completo (consequência da contaminação por Sílica diagnosticada tardiamente).

Os valores foram gentilmente fornecidos pela concessionária autorizada, em reais, e convertidos para dólares (considerando-se a conversão de 4,19 reais por dólar, cotação do dia 20/01/2020). Na ocasião não foram considerados os custos com mão-de-obra especializada para substituição de tais peças.

Com a constatação de que a inspeção visual seria uma maneira eficiente de evitar/reduzir custos com reparos devido a contaminação do óleo lubrificante por Sílica, criou-se um *check list* para auxílio na inspeção, que é apresentado como resultado do presente trabalho.

3. Resultados e Discussão

Baseando-se na técnica de inspeção visual apresentada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (2017) adotada por Corrêa, Maziero e Storino (2011), Gonzalez, Rivas e Beltrán (2017) e Suthisripok & Samsamran (2018) e nos relatos de especialistas em manutenção de tratores agrícolas, pode-se concluir que a contaminação externa do óleo lubrificante do motor pode ocorrer em diversos pontos no sistema de admissão, no sistema de injeção, no sistema de arrefecimento e ainda no próprio sistema de lubrificação. Vejamos as possíveis causas:

3.1 No sistema de admissão de ar

Filtro de ar do motor mal encaixado; Filtro de ar do motor rompido; Suporte do filtro de ar do motor danificado; Mangueiras e dutos danificados ou mal posicionados; Abraçadeiras danificadas ou mal ajustadas; Intercooler danificado; Vedações da admissão danificadas; Anéis de vedação do sensor de obstrução de ar desgastados ou ausentes; Anéis de

vedação do Sensor temperatura do ar de admissão desgastados ou ausentes; Anéis de vedação do Sensor de pressão do ar de admissão desgastados ou ausentes.

Podendo ainda ocorrer devido ao excesso de limpeza do filtro de ar (limpeza com ar pressurizado que acaba danificando o filtro) ou mesmo, excesso de aperto no filtro de ar (deformação do filtro).

Todas as condições acima elencadas possibilitam a sucção de poeira e permitem que esta alcance a parte interna do motor, ocasionando o desgaste prematuro de peças como: válvula de admissão, válvula de escape, alojamento das válvulas, biela, cilindro, camisa, e anéis do cilindro, e entre em contato com o óleo lubrificante, ocasionando o deslizamento severo e formação de estrias de desgaste nas peças.

Como apontado por Taylor (1998) a manutenção das características do óleo lubrificante é essencial para o bom funcionamento do motor, o que reforça a necessidade de uma atenção especial na manutenção preditiva.

A Figura 1 apresenta pontos em que é possível a contaminação do óleo lubrificante por meio do sistema de admissão de ar.

Figura 1 - Alguns dos possíveis pontos de contaminação no sistema de admissão de ar.





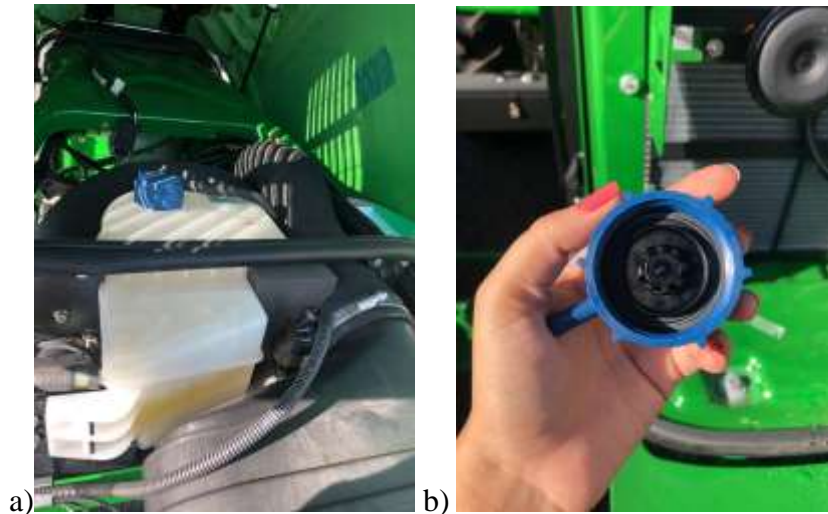
- c) Filtro de ar encaixado corretamente e presença de abraçadeira de fixação da tampa do filtro (tratores modelo 6100J);
b) Duto de passagem de ar em excelente estado, abraçadeira posicionada corretamente, e tampa do reservatório de expansão adequada (tratores modelo 6100J);
c) Mangueira de pré-limpeza do filtro de ar do motor em excelente estado e com abraçadeiras corretamente posicionadas (tratores modelo 6100J);
d) Filtro de ar do motor em bom estado (tratores modelo 5055E).
Fonte: Autores.

3.2 No sistema de arrefecimento

Tampa do radiador/ reservatório de expansão danificada; Respiro do radiador/ reservatório de expansão danificado; Utilização de água contaminada para abastecimento do reservatório.

A Figura 2 apresenta possíveis pontos de contaminação do óleo lubrificante do motor, por meio do sistema de arrefecimento.

Figura 2 - Alguns dos possíveis pontos de contaminação no sistema de arrefecimento do motor (Trator modelo 6100J).



- a) Reservatório de líquido de arrefecimento em excelentes condições;
b) Tampa do reservatório com respiro e vedação em excelente estado.
Fonte: Fotos feitas pelos autores.

O líquido de arrefecimento é partilhado pelo trocador de calor (que refrigera o óleo do motor evitando superaquecimento e mantendo a viscosidade de trabalho) e radiador, refrigerando cabeçote, bloco e camisas.

A contaminação do líquido de arrefecimento causa a oxidação de partes metálicas e desgaste do trocador de calor e camisas, possibilitando assim que as partículas cheguem até o cárter do motor por meio destes pontos de desgaste, ocasionando a contaminação do óleo lubrificante pelo líquido de arrefecimento e consequentemente pelos seus contaminantes.

Tal contaminação poderá ser detectada na inspeção diária do nível do óleo do cárter (elevação do nível) e do líquido de arrefecimento (nível abaixo do normal), além da mudança na coloração e formação de borbulha no líquido de arrefecimento (em funcionamento) quando o desgaste ocorrer no curso do pistão (do meio para cima da camisa), e pode ocasionar ainda a perda de potência e superaquecimento do motor.

Com base no apresentado por Silveira (2001), pode-se inferir que a identificação da contaminação do motor por água (líquido de arrefecimento) de forma precoce, e até mesmo a possibilidade de evitá-la, acarretaria ganhos significativos em termos de prolongamento da vida útil do motor, economia de óleo lubrificante e disponibilidade do equipamento, além da redução de custos significativos com reparo do motor, que como apontado por Abdallah et al (2014), é o que acarreta maior custo de reparo em tratores.

3.3 No sistema de injeção de combustível

Tampa do reservatório de diesel danificada ou ausente (Figura 3); Filtro de diesel vencido; Tanque de combustível furado; Utilização de diesel contaminado no transporte ou no abastecimento.

Figura 3 - Possível ponto de contaminação do combustível.



Fonte: Autores.

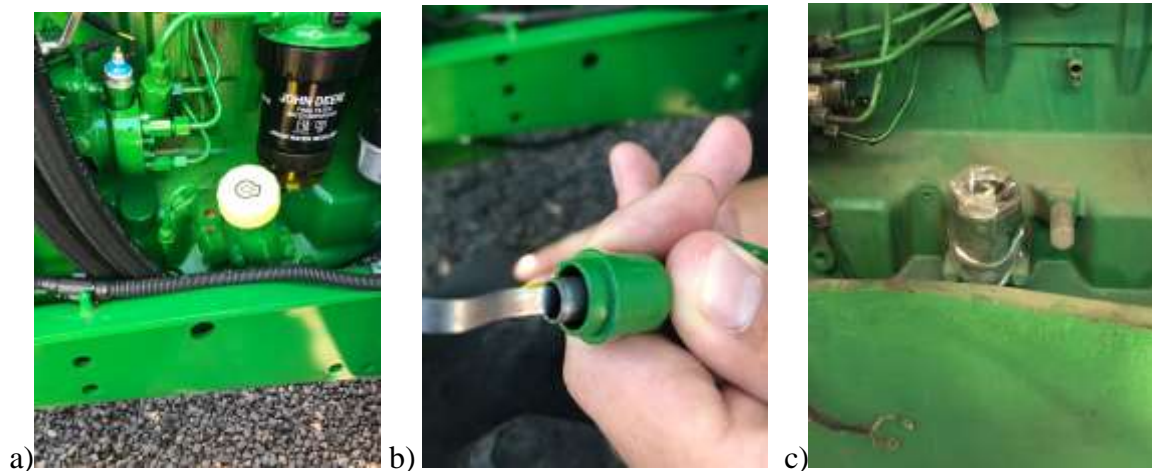
O combustível contaminado, quando injetado na admissão, gera perda de eficiência do equipamento, como bem observado por Silveira (2001), e as partículas acumuladas na câmara de combustão causam danos ao sistema de injeção, aos anéis de vedação do cilindro, ao cilindro e à camisa, e desgaste das válvulas, ocorrendo assim a contaminação do óleo lubrificante por essas partículas.

3.4 No sistema de lubrificação

Tampa de abastecimento de óleo lubrificante do motor danificada ou ausente; Junta da tampa de válvula; Vedação da vareta de nível de óleo danificada; Óleo lubrificante contaminado no transporte ou no abastecimento.

A Figura 4 apresenta possíveis pontos de contaminação do sistema de lubrificação.

Figura 4 - Alguns dos possíveis pontos de contaminação no sistema de lubrificação.



- a) Reservatório de óleo lubrificante corretamente tampado e vareta de medição presentes e com vedação adequada (modelo trator 6100J);
b) Vareta de nível de óleo com vedação ausente (6100J);
c) Reservatório de óleo lubrificante com tampa ausente e vedação inadequada (trator modelo 7715).

Fonte: Autores.

É importante ressaltar que a contaminação prévia do óleo lubrificante pode decorrer de transporte ou armazenamento incorreto e até mesmo no ato de abastecimento do tanque, podendo ainda apontar o controle de qualidade inadequado por parte do fabricante do óleo (Moore, 2007).

3.5 Custos dos reparos

Faz-se importante salientar que os custos de reparos dos possíveis pontos de contaminação do óleo do motor podem variar de centavos (substituição dos anéis de vedação dos sensores temperatura/pressão/obstrução do ar de admissão) a cerca de US\$1.074,00 (substituição de intercooler), e que na ausência destes reparos e conseqüente dano efetivo e severo ao motor, o valor pode variar de US\$ 21.479,71 (retífica de peças danificadas e substituição de algumas peças) a US\$40.572,79 (substituição de motor em concessionária autorizada), tendo como base um trator de 182cv.

3.6 Check list para inspeção visual

A proposta de *check list* a ser incluído na rotina de manutenção diária do trator se justifica essencialmente pela possibilidade de detecção de avarias antes que estas causem

dados com elevado custo de reparo, evitando assim problemas de contaminação e mitigando situações que demandem manutenção corretiva.

A inspeção visual é uma técnica que não demanda necessariamente ferramentas específicas para sua execução, necessitando essencialmente que o agente inspetor tenha boa acuidade visual e conhecimento amplo das condições ideais dos elementos a serem analisados, iluminação suficiente e que o objeto de análise esteja limpo, o que a torna uma ferramenta de manutenção preditiva de baixo custo.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2017), dentre os requisitos para o procedimento de inspeção visual estão: a qualificação do agente (treinamento); a definição da técnica de preparação da superfície a ser analisada (procedimento mínimo de limpeza do maquinário antes da inspeção propriamente dita); a verificação de condições de iluminação (padronização em todas as inspeções); a determinação dos instrumentos a serem utilizados (determinar necessidade de uso de lanternas ou lentes de aumento); a sequência de execução (o passo a passo a ser seguido pelo agente durante a inspeção); o registro dos resultados (relação de irregularidades/ condições observadas).

O registro das condições observadas para controle e análise do setor de manutenção pode se dar em formulário físico (papel) ou eletrônico (aplicativo), onde o agente se identifica, identifica o objeto examinado (identificação do patrimônio), a data de execução da inspeção e a condição dos elementos, podendo ou não anexar imagens do estado atual do objeto inspecionado, e podendo ainda inserir observação quanto à eventual projeção de dano.

O Quadro 1 apresenta proposta de *check list* simplificado sugerido.

Quadro 1 – Check List para inspeção visual.

CHECK LIST PARA INSPEÇÃO VISUAL EM TRATORES AGRÍCOLAS				
Unidade/Setor:				
Patrimônio:		Data:		
Responsável:				
Sistema	Componente	Especificações	Status ()Excelente ()Regular ()Ruim	Observações
Sistema de Admissão de ar	Filtro de ar	Condições gerais	()Excelente ()Regular ()Ruim	
		Suporte	()Excelente ()Regular ()Ruim	
		Encaixe	()Excelente ()Regular ()Ruim	
	Mangueiras/Dutos	Condições gerais	()Excelente ()Regular	

			()Ruim	
	Abraçadeiras	Ajuste	()Excelente ()Regular ()Ruim	
	Intercooler	Condições gerais	()Excelente ()Regular ()Ruim	
	Vedação da admissão	Condições gerais	()Excelente ()Regular ()Ruim	
	Sensor de Temperatura	Condições gerais dos anéis de vedação	()Excelente ()Regular ()Ruim	
	Sensor de Obstrução	Condições gerais dos anéis de vedação	()Excelente ()Regular ()Ruim	
	Sensor de Pressão	Condições gerais dos anéis de vedação	()Excelente ()Regular ()Ruim	
Sistema de Arrefecimento	Radiador/ Reservatório de expansão	Condições gerais do radiador	()Excelente ()Regular ()Ruim	
		Condições da tampa do reservatório	()Excelente ()Regular ()Ruim	
		Condições do respiro do reservatório	()Excelente ()Regular ()Ruim	
		Condições do líquido de arrefecimento	()Excelente ()Regular ()Ruim	
Sistema de Injeção	Reservatório de diesel	Condições gerais da tampa do reservatório	()Excelente ()Regular ()Ruim	
		Condições gerais do reservatório de diesel	()Excelente ()Regular ()Ruim	
	Filtro de diesel	Condições e validade	()Excelente ()Regular ()Ruim	
	Combustível	Armazenamento	()Excelente ()Regular ()Ruim	
Sistema de Lubrificação	Reservatório de óleo lubrificante	Condições da tampa de abastecimento	()Excelente ()Regular ()Ruim	
		Condições de vedação da vareta de nível	()Excelente ()Regular ()Ruim	
	Tampa de válvulas	Condições da junta da tampa de válvula	()Excelente ()Regular ()Ruim	
	Óleo Lubrificante	Condições de armazenamento do óleo	()Excelente ()Regular ()Ruim	

Fonte: Autores.

4. Conclusão

Ante todo o exposto, conclui-se que uma inspeção visual adequada, e a observância dos possíveis pontos de contaminação aqui elencados podem contribuir efetivamente com a redução dos custos com manutenção, refletindo também junto à produtividade e lucratividade da fazenda, e um *check list* destes pontos, como o apresentado, pode ser adotado como parte integrante da rotina de inspeção diária do equipamento.

Para trabalhos futuros pretende-se desenvolver um aplicativo para acompanhamento da inspeção visual, bem como para a coleta adequada de amostra de óleo lubrificante para envio a laboratório especializado para análise.

Referências

Abdallah, F. E., Weiming, D., Dahab, M. H., Edris, A. E. & Alhadi, M. (2014). Estimation of repair and maintenance cost of a tractor base on HP and working hours: Case study of Sudan. *Journal of Environmental and Agricultural Sciences*. 1(1), 2313-8629. ISSN: 2313-8629

Associação Brasileira De Normas Técnicas - ABNT. (2017). *NBR NM 315: Ensaios não destrutivos: Requisitos e práticas recomendadas*. Rio de Janeiro: ABNT.

API- American Petroleum Institute. (1988). *Motor oil guide*. 30p.

Aquino, E. L. R. D., Mollo Neto, M., Bernardo, C. H. C., Moraes, F. J. de O. & Santos, P. S. B. dos. (2020). Ferramentas de manutenção preditiva de motores diesel: uma revisão bibliográfica sistemática. *Research, Society and Development*, 9(11), e57691110195. doi.org/10.33448/rsd-v9i11.10195

Corrêa, I. M., Maziero, J. V. G. & Storino, M. (2011). Mistura de biodiesel de sebo bovino em motor diesel durante 600 horas. *Ciência Rural. Santa Maria*, v. .41(7) 1189-1194. doi.org/10.1590/S0103-84782011005000088

Delebecq, J., Poudou, P., Ayel, J. & Pluvillage, G. (1983). Fatigue resistance of a high-resistance steel in a lubricating médium. *Sci Revis*, 80(11), 638.

Dolas, D. R., Jaybhayne, M. D. & Deshmukh, S. D. (2014). Prediction of repair & Maintenance costs of diesel engine. *International Journal of Recent advances in Mechanical Engineering*, 3(1), 63-69. Recuperado de: <https://wireilla.com/engg/ijmech/papers/3114ijmech06.pdf>.

Girdhar, P. & Scheffer, C. (2004). *Practical Machinery Vibration Analysis and Predictive Maintenance*. Newnes. doi.org/10.1016/B978-075066275-8/50000-X

Godfrey, D. (1989). Clean, dry, oil prolongs life of lubricated machines. *Lubrication Engineering*, 45(1), 4-8.

Goodman, D., Sorj, B. & Wilkinson, J. (2008). *Da lavoura às biotecnologias: agricultura e indústria no sistema internacional*. Rio de Janeiro: Centro Edelstein. doi.org/10.7476/9788599662298

González, J.L., Rivas, D. & Beltrán, M.A. (2017). Failure analysis of a diesel engine. *Procedia Structural Integrity*. 3. 41-47. 10.1016/j.prostr.2017.04.007.

Jacto. (2019). Entenda a mecanização da agricultura e conheça 4 vantagens. Site eletrônico. Recuperado de: <https://blog.jacto.com.br/entenda-a-mecanizacao-da-agricultura-e-conheca-4-vantagens/>.

Jasiulewickz-Kaczmarek, M. & Gola, A. (2019). Maintenance 4.0 Technologies for Sustainable Manufacturing - an Overview, *IFAC*, 52(1) 91-96. doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.10.005.

Junqueira, R. A. & Oliveira, H. S. (2013). *Manutenção de Colhedora de Cana-de-açúcar*. São Paulo: SENAR.

Kardec, A. & Nascif, J. (2009). *Manutenção: função estratégica*. Rio de Janeiro: Qualitymark.

Magro, T. V. & Cavichioli, F. A. (2018). Uso de implementos agrícolas: vantagens e desvantagens. *Simpósio de Tecnologia da Fatec de Taquaritinga*. 4(1), 13. Recuperado de: <https://simtec.fatectq.edu.br/index.php/simtec/article/view/291>

Moore, R. (2007). Selecting the Right Manufacturing Improvement Tools: What Tool? When? Chapter 13: Predictive maintenance/ condition monitoring. *Butterworth-Heinemann*, 1(1), 247-284. doi.org/10.1016/B978-075067916-9/50014-X.

Olver, A.V. (2002). Gear lubrication – a review. *Journal of Engineering Tribology*, 216(1), 255-267. doi.org/10.1243/135065002760364804

Padovan, L. A. & Anjos, H. S. (2012). *Manutenção de Tratores Agrícolas*. São Paulo: SENAR.

Painter, K. (2011). *Costs of owning and operating farm machinery in the Pacific Northwest: 2011*. Moscow: University of Idaho. Recuperado de: <https://www.extension.uidaho.edu/publishing/pdf/PNW/PNW0346/PNW346.pdf>.

Santos, E. A., Soares, H. S., Silva, M. R., Rocha, T. A. F. & Fernandes, T. J. L. (2014). Uso correto dos óleos lubrificantes para máquinas agrícolas. *Revista Cultivar Máquinas*. 143(1) 29-31. ISSN 1676-0158.

SENAR - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. (2009). *Tratores Agrícolas: manutenção de tratores agrícolas*. Brasília: SENAR.

Silva, D. M. da, Andrade, I. C., Alves, J. L. S., Lourenço, R. F. B., & Vasconcelos, G. R. (2020). A manutenção de componentes como fator crítico no processamento de soja e seus desdobramentos. *Research, Society and Development*, 9(7), e241974023. doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4023

Silveira, G. M. (2001). *Os cuidados com o trator*. Viçosa: Aprenda Fácil.

Suthisripok, T. & Samsamran, P. (2018). The impact of biodiesel B100 on a small agricultural diesel engine. *Tribology International*, 128(1) 397-409. doi.org/10.1016/j.triboint.2018.07.042.

Tanaka, E. M., Padovan, L. A. & Viana, N. M. (2014). *Manutenção de Colhedora Automotriz de café*. São Paulo: SENAR.

Taylor, C. M. (1998). Automobile engine tribology design considerations for efficiency and durability. *Wear*, 221(1) 1-8. doi.org/10.1016/S0043-1648(98)00253-1

Valtra do Brasil LTDA. (2007). *Manual de treinamento: Operação, Manutenção e Segurança*. Mogi das Cruzes: Nova Página.

Vian, C. E. F., Andrade Jr, A. M., Baricelo, G. & Silva, R. P. (2013). Origens, evolução e tendências da indústria de máquinas agrícolas. *Revista de Economia e Sociologia Rural*. 51(4) 719-744. Brasília. doi.org/10.1590/S0103-20032013000400006

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Evelin Larissa Rombi De Aquino – 20%

Mario Mollo Neto – 20%

Lucas Malagutti Souza – 20%

Flávio José de Oliveira Morais – 20%

Paulo Sérgio Barbosa dos Santos – 20%