

Identificação e Análise de Falha em Diferenciais Dianteiros de Tratores Agrícolas Através de Ensaio em Amostras de Óleo Lubrificante

Túlio Alves Rodrigues*, Murilo Cesar de Oliveira, Washington Martins da Silva Junior.

*Laboratório de Tribologia e Materiais -LTM, tulio.rodrigues@ufu.br.

Palavras-chave

análise de óleo, engrenagens, diferencial dianteiro, trator, desgaste

1. INTRODUÇÃO

Tratores agrícolas são maquinários essenciais para o desenvolvimento dos trabalhos na agricultura por possuírem inúmeras aplicações: arrasto de plantadeiras, grades de arado, containers de colheita, distribuidores de insumos, entre outras. Estes equipamentos podem trabalhar mais de 3 000 horas por ano e não devem apresentar quebras durante sua operação, pois os custos de máquina parada em grandes lavouras são extremamente altos, pois podem levar a perdas na qualidade e na produção.

Diante disto várias técnicas são aplicadas para monitoramento e identificação de desgastes nestes equipamentos. Uma dessas técnicas é a análise de óleo lubrificante que identifica a contaminação a quantidade de partículas metálicas e de contaminação externa presente no óleo, permitindo assim não somente quantificar o desgaste, mas também indicar a provável peça desgastada através da contabilização das partículas de elementos de liga, como: cromo, níquel, cobre, molibdênio, entre outros.

Um dos principais compartimentos dos tratores que podem ter o desgaste analisado através do óleo lubrificante é o eixo dianteiro. Este compartimento é o responsável por receber a potência do eixo traseiro através de um eixo cardan acoplado a um pinhão, mudar em 90° o sentido do movimento, através do conjunto pinhão/coroa e realizar o sincronismo e ajuste do movimento entre as rodas direita e esquerda através do diferencial dianteiro.

2. OBJETIVO

Identificar o componente crítico de desgaste do eixo dianteiro e o tipo de desgaste predominante, através da análise de partículas presentes no óleo lubrificante, propondo soluções para reduzir o desgaste neste compartimento, além de validar a funcionalidade da técnica de análise de óleo lubrificante em identificar o desgaste.

3. METODOLOGIA

Neste trabalho, para análise e identificação do desgaste em diferenciais dianteiros de tratores agrícolas, foram realizadas análises dos óleos lubrificantes dos mesmos, utilizando os ensaios de espectrometria de emissão óptica (ASTM D5185), quantificação de partículas ferrosas (ASTM D8184) e viscosidade cinemática (ASTM D445).

Para a coleta das amostras foi utilizada uma bomba manual a vácuo, com frascos e mangueiras exclusivas para cada amostra. As coletas foram realizadas evitando exposições ou contato com o ambiente por longos períodos, com o objetivo de evitar contaminações. As amostras foram coletadas de óleos lubrificantes com 220 a 410 horas de trabalho, através do orifício de nível do óleo do eixo dianteiro. Para garantir uma amostra representativa, o óleo foi homogeneizado, movimentando o equipamento previamente por períodos de 15 a 30 minutos, com a tração dianteira ativada.

Foram coletadas 107 amostras de óleo lubrificante de eixos dianteiros de 57 tratores distintos, com horímetros entre 746 e 22 209 horas durante os anos de 2017 e 2018. Com o objetivo de analisar desgastes anormais e identificar o componente crítico do compartimento, os dados foram tratados, selecionando apenas as 87 amostras que apresentaram valores acima de 100 ppm de ferro, permitindo assim analisar a presença de metais de liga em até 1 % em relação à quantidade de ferro.

4. RESULTADOS

Das 87 amostras selecionadas, cinco delas foram escolhidas aleatoriamente para inspeção interna do eixo dianteiro. Destas cinco amostras selecionadas, quatro delas apresentaram desgaste do pinhão do conjunto de transmissão em 90° do eixo dianteiro e uma delas apresentou desgaste na coroa do diferencial esquerdo, conforme apresentado a seguir:

Tabela 1 - Resultados das análises de óleo dos equipamentos separados para inspeção.

Nº da Inspeção	Horas do Trator	Cr [ppm]	Fe [ppm]	Mn [ppm]	Mo [ppm]	Ni [ppm]	Pb [ppm]	Si [ppm]	Sn [ppm]	PQI	Viscosidade à 100°C [cSt]
1	17 089	5	940	6	0	1	0	201	0	1 503	21,85
2	17 515	1	101	2	1	2	5	9	0	5 465	12,37
3	3 257	4	687	11	2	7	11	68	0	631	26,71
4	8 361	0	155	3	0	0	0	2	4	480	27,72
5	9 523	7	1 158	13	2	3	0	22	4	3 902	28,68

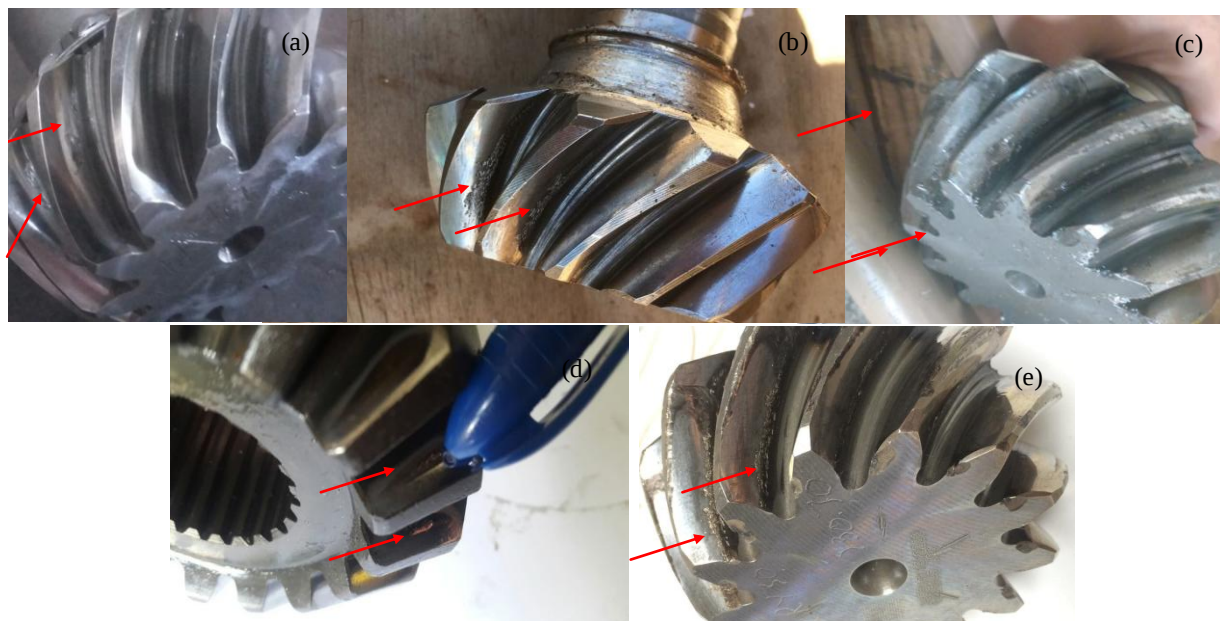


Figura 1 - Desgaste verificado nos pinhões da transmissão em 90° nas inspeções de 1, 2, 3 e 5, figuras (a), (b), (c) e (e). Desgaste verificado no pinhão do diferencial esquerdo na inspeção 4, figura (d).

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1. Análise das Inspeções

Os testes realizados com as amostras de óleo lubrificante, associados à inspeção do compartimento proporcionaram a identificação do componente crítico do conjunto de tração e diferencial dianteiros em tratores agrícolas. As inspeções apontaram como peça crítica o pinhão do conjunto pinhão/corona da transmissão em 90° do eixo dianteiro, com três das quatro inspeções apresentando desgaste neste componente.

O pinhão verificado através das inspeções foi identificado como um aço SAE 4320: um aço ligado ao cromo, níquel e molibdênio e com baixo teor de carbono, que permite o uso de tratamentos térmicos para elevar a resistência ao desgaste, como a cementação. Este aço também possui boa temperabilidade com combinação de resistência mecânica e resistência à fratura.

Tabela 2 - Composição do aço SAE 4320.

C [%]	Mn [%]	P [% máx]	S [% máx]	Si [%]	Ni [%]	Cr [%]	Mo [%]
0,17-0,22	0,45-0,65	0,03	0,04	0,15-0,35	1,65-2,00	0,40-0,60	0,20-0,30

5.2. Análise dos Óleos Lubrificantes

Os resultados das análises dos óleos lubrificantes vêm de encontro aos resultados dos testes de inspeção em campo onde 35,6 % das amostras apresentaram partículas de níquel e cromo e 16,1 % apresentaram partículas de níquel, cromo e molibdênio, que são os principais elementos de liga do aço SAE 4320.

O resultado de 16,1 % das amostras apresentando presença dos elementos, níquel, cromo e molibdênio, é compreensível, pois os percentuais destes elementos, no aço SAE 4320, não superam 0,3 % e 0,6 % para o molibdênio e cromo, respectivamente, dificultado às suas detecções.

5.3. Análise e Comparativo das Falhas

Os desgastes verificados através das inspeções dos compartimentos apresentam características próximas às verificadas por Koda (2009) e apresentadas por Norton (2004), indicando predominantemente desgaste por fadiga, com a formação de *pitting* na região do diâmetro primitivo.

Lago (2007) relata que o *pitting* é reconhecido como uma falha da superfície do dente da engrenagem, e sua principal razão é a ultrapassagem da pressão de contato crítica ou pressão de Hertz permitida para um material específico.

O desgaste verificado através das inspeções apresenta como causa mais provável a sobrecarga no engrenamento, que pode ser minimizado ou corrigido através da redução da tensão do engrenamento ou aumento da rigidez do material do pinhão. Podendo ser aplicado os seguintes procedimentos: utilização de material mais resistente na fabricação do pinhão, ajuste de folga do engrenamento do conjunto e redução da carga no eixo dianteiro.

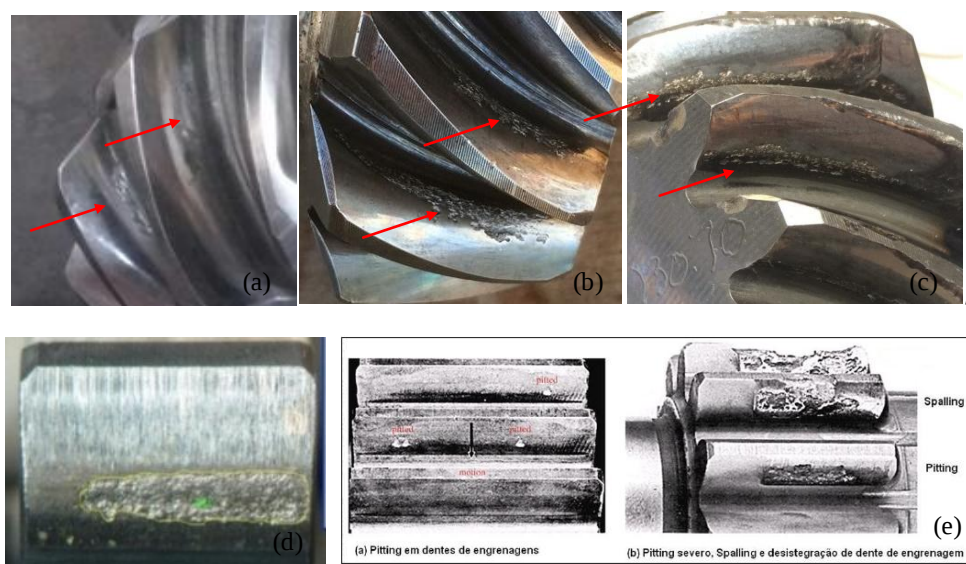


Figura 2 - Desgaste por *pitting* verificado através do presente trabalho, nas inspeções 1, 2 e 5, figuras (a), (b) e (c), respectivamente. Desgaste por *pitting* verificado por Koda, 2009, figura (d). Exemplo de superfície dos dentes de engrenagens com a presença de *pitting* e *spalling* (NORTON, 2004), figura (e).

6. CONCLUSÕES

A análise do óleo lubrificante através da contagem e identificação de partículas é uma técnica que possibilita a análise de desgaste em conjuntos de engrenagens, permitindo ainda a identificação do(s) principal(is) componente(s) desgastado(s) através da quantificação dos elementos de liga presentes no óleo lubrificante.

Neste trabalho foi possível identificar o pinhão da transmissão em 90° do eixo dianteiro como uma das peças críticas de desgaste do conjunto. Foi possível ainda identificar o desgaste por fadiga como o tipo de desgaste predominante através dos resultados da inspeção de campo, aliados aos estudos de Koda (2009), juntamente com as teorias de Norton (2004) e Hutchings (1992).

7. AGRADECIMENTOS

Agradecemos as agências de fomento CNPq, CAPES e FAPEMIG pelo apoio financeiro.

8. REFERÊNCIAS

- Hutchings, I. M. "Tribology: friction and wear of engineering materials". Arnold, London, 1992.
- Koda, Fábio. "Estudo da fadiga de contato em engrenagens cilíndricas de dentes retos". 2009. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- Lago, Daniel Fabiano. "Manutenção de redutores de velocidade pela integração das técnicas preditivas de análise de vibrações e análise de óleo lubrificante". 2007.
- Norton, R. L. "Projeto de máquinas: uma abordagem integrada". Ed. Bookman, 2º Ed., 931p., 2004.

9. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.