



CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

DANILO CONCEIÇÃO DOS SANTOS

GESTÃO DA MANUTENÇÃO

Aplicações na manutenção automotiva

Alagoinhas

2021

DANILO CONCEIÇÃO DOS SANTOS

GESTÃO DA MANUTENÇÃO
Aplicações na manutenção automotiva

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do curso de Bacharelado em Engenharia Mecânica do Centro Universitário Unirb - Alagoinhas, como pré-requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Professor Me. JORGE MANUEL DINIS

Professor Me. ADSON DE SANTANA GOMES

Alagoinhas
2021

DANILO CONCEIÇÃO DOS SANTOS

GESTÃO DA MANUTENÇÃO
Aplicações na manutenção automotiva

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário UNIRB - Alagoinhas, como requisito obrigatório para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Aprovada em ____ / ____ / ____

Banca Examinadora

Professor Me. JORGE MANUEL DINIS
UNIRB- Centro Universitário Alagoinhas
Orientador

Professor Me. ADSON DE SANTANA GOMES
UNIRB- Centro Universitário Alagoinhas
Avaliador 1
Co-orientador

Professor Esp. GABRIEL BARBOSA LOBO
Avaliador 2

RESUMO

A manutenção é responsável por alocar um grande número de recursos dentro de uma organização, sejam financeiros ou humanos. Como a competitividade de uma empresa está diretamente relacionada à qualidade do serviço prestado pela equipe de manutenção, a empresa precisa realizar diversas pesquisas sobre o papel da manutenção e investir recursos para melhoria da qualidade. O objetivo desse trabalho é identificar as contribuições dos principais tipos de manutenção na área automotiva. Nos trabalhos analisados foram identificadas a implementação da metodologia TPM (Manutenção Produtiva Total) e MCC (Manutenção Centrada na Confiabilidade), bem como o impacto dessa implementação nos indicadores de manutenção afetados. A aplicação da gestão da manutenção de maneira eficiente é um fator determinante para o bom desempenho de um processo ou produto.

Palavras-chave: Manutenção. Métodos. Análise de Falhas.

ABSTRACT

Maintenance is responsible for allocating a large number of resources within an organization, whether financial or human. As the competitiveness of a company is directly related to the quality of the service provided by the maintenance team, the company needs to carry out several researches on the role of maintenance and invest resources to improve the quality. The objective of this work is to identify the contributions of the main types of maintenance in the automotive area. In the works analyzed, the implementation of the TPM and MCC methodology was identified, as well as the impact of this implementation on affected indicators. The efficient application of maintenance management is a determining factor for the good performance of a process or product.

Keywords: Maintenance. Methods. Failure Analysis.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	OBJETIVOS	10
1.1.1	Geral.....	10
1.1.2	Específicos.....	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1	A história da manutenção	11
2.2	Tipos de manutenção	13
2.2.1	Manutenção Corretiva.....	14
2.2.2	Manutenção Preventiva.....	15
2.2.3	Manutenção Preditiva.....	16
2.2.4	Manutenção Detectiva.....	17
2.3	Manutenção automotiva	18
2.3.1	Falhas e Panes.....	18
2.3.2	Atrito.....	18
2.4	Lubrificação	19
2.4.1	Análise de Óleos Lubrificantes.....	20
2.4.2	Características dos Óleos Lubrificantes.....	21
2.4.3	Aditivos.....	22
2.5	Motores	22
2.5.1	Motores de ciclo Otto.....	22
2.5.2	Princípio de Funcionamento dos motores de ciclo Otto.....	23
2.5.3	Sistema de Resfriamento e Lubrificação dos Pistões.....	24
2.5.4	Função dos Lubrificantes.....	26
2.6	Combustíveis	26
2.7	Borra de óleo	27
2.8	Métodos de análise de falhas	29
2.8.1	FMEA.....	29
2.8.2	RCFA.....	31
2.8.3	MASP.....	32
2.8.4	RCM.....	33

3	METODOLOGIA.....	33
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
	REFERÊNCIAS.....	41

1 INTRODUÇÃO

Com a revolução industrial, as máquinas se tornaram uma parte importante da produção humana de energia e bens de consumo. Porém, o principal problema com as máquinas é que elas apresentam defeitos e podem vir a ser danificadas, causando muitos inconvenientes, como paradas para manutenção, custos não planejados e em casos graves a perda do motor.

Atualmente, a manutenção é responsável por alocar um grande número de recursos dentro de uma organização, sejam financeiros ou humanos. Portanto, ao considerar a extrema importância da gestão da manutenção para a obtenção de vantagem competitiva e qualidade operacional, ela deve ser considerada de importância estratégica. O mercado de hoje exige cada vez mais um excelente funcionamento diário e, para atingir este padrão, a manutenção desempenha um papel crucial e decisivo. As atividades relacionadas com a área de manutenção requerem conceitos e técnicas muito claros de qualidade, eficiência, eficácia e produtividade, de forma a melhorar continuamente estes processos dentro da empresa, visando a plena satisfação dos clientes e conseqüentemente o crescimento da organização e dos colaboradores.

Como a competitividade de uma empresa está diretamente relacionada à qualidade do serviço prestado pela equipe de manutenção, a empresa precisa realizar diversos projetos com vista a melhorar a manutenção e investir recursos para melhoria da qualidade. Portanto, é de alta importância o monitoramento dos parâmetros de operação e manutenção dos motores para garantir uma estrutura dinâmica, facilitando a realização de ajustes em seu processo, visando sempre operar nas melhores condições o que, definitivamente, significa reduzir taxas de reparo.

Maquinas ou equipamentos sejam eles de qualquer modelo estão sujeitos à degradação, que é conseqüência do seu funcionamento e de seu desgaste no decorrer do tempo. Sendo assim, faz se necessário que eles sejam mantidos em boas condições de uso para o bom alcance de eficiência e produtividade (ANDRADE, 2012).

De acordo com Viana (2002), os tipos de manutenção são maneiras de direcionar as intervenções nos equipamentos de produção, ou seja, nas maquinas que fazem a composição de uma determinada planta. Neste sentido, no critério

considerado como modos de intervir nos instrumentos, deixa em evidencia a existência de um consenso, salvo algumas variações irrelevantes de acordo com os tipos de manutenção.

Existem vários tipos de manutenção, que se baseiam de acordo com as intervenções feitas nos equipamentos de produção. Decorrente da forma em que a manutenção é executada, pode ser classificada como: corretiva (não planejada ou planejada), preventiva, preditiva e detectiva. Elas visam conservar, adequar, restaurar, substituir e prevenir os equipamentos de forma que venham alcançar os objetivos da função (VIANA, 2002).

Ainda de acordo com Kardec e Nascif (2001), existe também a engenharia da manutenção, sendo focada na causa básica do problema, ou seja, ao contrário de somente reparar, eliminar a razão do defeito/falha, através de estudo do projeto do equipamento, análise dos problemas e modificações.

Os indicadores de manutenção, bem como os de performance ou desempenho, definem-se em um conjunto de informações que buscam medir e melhorar os processos, com o intuito de aumentar a eficiência e a produtividade de uma empresa. Normalmente conhecidos como KPI's, que em inglês significa Key Performance Indicators, eles propõem modelos que visam a prevenção e a resolução dos problemas mais diversificados que possam ocorrer no âmbito de uma organização (SANTOS, 2018).

Então, sabendo das condições em que esses motores devem operar, por que diversas empresas não fazem uso da manutenção preventiva em face da manutenção corretiva?

Dessa forma, esta pesquisa se justifica na premissa da elaboração de estudo referente ao estado da arte aliado à realidade da manutenção automotiva no que se refere à manutenção de motores de combustão interna, trazendo informações relevantes para a indústria e também para acadêmicos em engenharia mecânica que busquem aperfeiçoar-se sobre este tema de grande valor no setor.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

- Analisar os principais tipos de manutenção aplicados na indústria automobilística.

1.1.2 Específicos

- Descrever a aplicação de metodologias de manutenção na indústria automobilística.
- Avaliar os impactos das aplicações das metodologias de manutenção nos indicadores afetados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A história da manutenção

O significado de manutenção pode ser definido como a “combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual ele possa desempenhar uma função requerida” (ABNT, 1994, p.6).

Segundo Branco Filho (2008), o desenvolvimento da manutenção segue a ampliação das unidades de produção. Quanto mais sofisticado o processo, mais sofisticada será a manutenção e mais elevado o nível técnico dos profissionais.

Nas últimas décadas, a manutenção passou por mais transformações do que qualquer outra atividade. Essa evolução pode ser dividida em Cinco Gerações. A Segunda Guerra Mundial é precursora da primeira geração, onde a mecanização da indústria era mínima, a manutenção consistia apenas em serviços de limpeza, lubrificação e reparo após a quebra. Entre os anos 50 e 70 surge a Segunda Geração, acompanhada do aumento da mecanização e da complexidade das instalações industriais. Devido a maior necessidade de disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos, surge a ideia de que as falhas poderiam ser evitadas, o que resultou no conceito de manutenção preventiva (PINTO; XAVIER, 2009).

A partir da década de 70, surge a Terceira Geração. O processo de mudança nas indústrias foi acelerado e a paralisação da produção (paradas emergenciais) era uma preocupação generalizada. Confiabilidade e disponibilidade se tornaram pontos chave devido ao alto nível de automação e mecanização. As cobranças ligadas às condições de segurança e de meio ambiente estavam se concretizando. Foi reforçada a utilização da manutenção preditiva e o avanço da informática permitiu o uso de softwares potentes, porém com computadores de custo elevado. Mas, devido à falta de interação entre as áreas das empresas, as taxas de falhas prematuras eram elevadas (PINTO; XAVIER, 2009).

Ainda durante a Terceira Geração, começaram a surgir novos conceitos que visavam à melhoria da manutenção. Entre 1970 e 1980, foi desenvolvida a ideia de que a vida de um equipamento deveria ser controlada e maximizada. Assim surge a Terotecnologia, uma combinação entre gerenciamento, finanças, engenharia e

outras práticas aplicadas a bens físicos disponíveis, na busca de ciclos de vidas econômicos. A criação da filosofia TPM (Manutenção Produtiva Total) também surgiu exigindo mais treinamentos, limpeza no local de trabalho e participação de todos na manutenção. Outro conceito importante foi a RCM (Manutenção Centrada na Confiabilidade), que introduziu técnicas para melhoria dos programas de manutenção (BRANCO FILHO, 2008).

Após os anos 90, a evolução da manutenção resulta numa Quarta Geração. Onde, de acordo com Pinto e Xavier (2009), a alta disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos passam a ser o foco da Manutenção. A Engenharia de Manutenção consolida suas atividades. O desafio passa a ser a minimização das falhas prematuras, a análise de falhas torna-se uma metodologia consagrada e as práticas de manutenção preditiva passam a ser cada vez mais utilizadas fazendo com que haja redução da preventiva. A sistemática adotada pelas empresas passa a privilegiar a interação entre as áreas de engenharia, manutenção e operação e ser função estratégica da empresa.

Nos últimos anos, ainda é possível o destaque para uma Quinta Geração, onde as práticas adotadas na Quarta Geração são mantidas, mas o enfoque nos resultados empresariais é obtido através da sistemática de Gestão de Ativos. Com relação à manutenção, ocorre o aumento da manutenção preditiva, participação efetiva no projeto, aquisição, instalação, operação e manutenção, monitoramento de performance, aprimoramento na relação entre departamentos e excelência em Engenharia de Manutenção (PINTO; XAVIER, 2012).

“Do ponto de vista gerencial, a manutenção passou de um ponto em que toda a sua técnica de gerenciamento era obtida na prática para o ponto atual onde temos uma série de estudos e técnicas próprias de gerenciamento” (BRANCO FILHO, 2008, p.56).

Atualmente, a manutenção visa garantir a confiabilidade e a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou de serviço, com segurança, custos adequados e ao mesmo tempo preservando o meio ambiente. A mesma pode ser considerada como “Função Estratégica” sendo que seu correto gerenciamento é um fator de sucesso e lucratividade. A disponibilidade e a confiabilidade do sistema ou instalação industrial dependem inteiramente da manutenção (PINTO; XAVIER, 2009).

De acordo com Branco Filho (2008, p. 51), a Engenharia de Manutenção surgiu por volta de 1950 a 1960 em resposta à necessidade de garantir o bom funcionamento das máquinas. Foi criado um órgão, uma equipe especializada, que efetuava estudos para tornar os equipamentos mais confiáveis. Os estudos eram em torno de diminuir o tempo de reparos, tornar as equipes mais eficientes, melhorar os métodos de manutenção, otimizar o local de trabalho, análise de falhas, entre outros. “A Engenharia de Manutenção é o suporte técnico da manutenção” e está dedicada a consolidar as rotinas e implantar melhorias aplicando as melhores técnicas e perseguindo a excelência. Entre suas principais atribuições estão:

- 1) Aumentar a confiabilidade, a disponibilidade e a segurança;
- 2) Melhorar a manutenibilidade e a capacitação do pessoal;
- 3) Eliminar problemas crônicos e solucionar problemas tecnológicos;
- 4) Gerir materiais e sobressalentes;
- 5) Participar de novos projetos;
- 6) Dar suporte à execução;
- 7) Fazer Análise de Falhas e estudos;
- 8) Elaborar planos de manutenção e inspeção;
- 9) Acompanhar os indicadores;
- 10) Zelar pela Documentação Técnica (PINTO; XAVIER, 2009).

2.2 Tipos de manutenção

Existem várias denominações para classificar o papel da manutenção. Isso geralmente causa certa confusão na caracterização do tipo de manutenção. Portanto, uma caracterização mais objetiva é muito importante, pois não importa a denominação usada, todos os tipos de manutenção podem atender aos requisitos de um dos seguintes seis tipos principais:

- 1) Manutenção Corretiva Planejada;
- 2) Manutenção Corretiva Não Planejada;
- 3) Manutenção Preventiva;
- 4) Manutenção Preditiva;

- 5) Manutenção Detectiva;
- 6) Engenharia de Manutenção (PINTO; XAVIER, 2009).

2.2.1 Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva é aquela “efetuada após a ocorrência de uma pane e destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994, p.7). É a “intervenção necessária imediatamente para evitar graves consequências aos instrumentos de produção, à segurança do trabalhador ou ao meio ambiente” (VIANA, 2002, p. 09). É a “atuação para correção da falha ou desempenho menor do que o esperado” (PINTO; XAVIER, 2009, p. 38).

De acordo com Pereira, (2011), a manutenção corretiva teve sua alcunha versada por volta de 1914 e atualmente ainda é a forma mais corriqueira para reparo de um equipamento com problema. Essa técnica se caracteriza pela falta de planejamento, custos relativamente altos e desprezo pelas perdas de produção. Viana (2002) caracteriza a manutenção corretiva como uma operação aleatória e sem definições precedentes, sendo conhecida nas fábricas como ‘apagar incêndios.

A manutenção corretiva pode ser dividida em Não Planejada (também conhecida como Não Programada ou Emergencial) e planejada (Programada) (PINTO; XAVIER, 2009).

A manutenção corretiva emergencial ocorre sem nenhuma previsão e a programada representa ocorrências com frequência determinada por estudos estatísticos ou serviços corretivos programados com antecedência (PEREIRA, 2011).

Segundo Pinto e Xavier (2009), no caso da manutenção corretiva não planejada, a atuação é realizada após a falha (ou desempenho menor do que o esperado). Não há tempo para preparação do serviço. Além disso, este tipo de intervenção implica altos custos, pois uma quebra inesperada pode acarretar perdas de produção, perda da qualidade do produto e gerar consequências desastrosas para o equipamento. Diferentemente, a manutenção corretiva planejada é mais barata, mais rápida e mais segura do que a emergencial. Logo, a qualidade do serviço é superior. A intervenção ocorre por decisão gerencial que, por sua vez, é

normalmente baseada na modificação dos parâmetros observados pela manutenção preditiva.

De acordo com Pereira (2011), a manutenção corretiva, embora seja vista como transtorno, não é uma técnica totalmente rejeitada. Em alguns casos ela pode ser aplicada e se mostra mais útil se comparada a outras técnicas de manutenção. Alguns desses casos são descritos a seguir:

- 1) Ativos com baixo custo operacional;
- 2) Ativos que possuem backup;
- 3) Ativos não considerados críticos;
- 4) Ativos de fácil manutenção;
- 5) Ativos cujos técnicos de manutenção são bem treinados para pronto reparo.

2.2.2 Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva é aquela “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.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994, p.7). É “todo serviço de manutenção realizado em máquinas que não estejam em falha, mas que estão em condições operacionais.” (VIANA, 2002, p.11). É a “atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo.” (PINTO; XAVIER, 2009, p. 42).

Segundo Pereira (2011), a manutenção preventiva se originou na indústria aeronáutica em meados de 1930 pela necessidade do aumento da disponibilidade e de confiabilidade dos ativos.

Ao contrário da manutenção corretiva, a intervenção preventiva procura evitar a ocorrência de falhas, ou seja, prevenir (PINTO; XAVIER, 2009).

Para elaborar os planos, que devem conter as tarefas e frequências das intervenções, a equipe de manutenção deve buscar todas as informações possíveis dos equipamentos como, por exemplo, manuais, históricos e relatos de operadores e mantenedores (PEREIRA, 2011).

Por meio de um plano de manutenção preventiva bem elaborado, é possível conhecer quais os materiais que mantêm suas ferramentas de produção em condições ideais e saber quando usá-los. Em comparação com um ambiente dominado pela manutenção corretiva, isso reduz muito os fatores improvisados e atinge um nível mais alto de qualidade de serviço. Além disso, a manutenção preventiva pode controlar melhor os equipamentos, reduzir as paradas de emergência (falhas inesperadas) e melhorar a auto-estima da equipe (VIANA, 2002).

Apesar de proporcionar conhecimento prévio das ações, gerenciamento das atividades e nivelamento de recursos, além de outras vantagens, a manutenção preventiva possui alguns pontos negativos. O primeiro fato se refere à retirada do equipamento ou sistema de operação para execução dos serviços programados. Além disso, durante a intervenção podem ser introduzidos defeitos nos equipamentos devido a falhas humanas e/ou falhas dos procedimentos de manutenção e também danos durante partidas e paradas (PINTO; XAVIER, 2009).

Portanto, Pereira (2011) afirma que é necessário identificar e rotular adequadamente os equipamentos de uma organização para decidir se será proveitosa a implantação de programas preventivos. Em caso positivo, os planos elaborados deverão ser enxutos, contendo apenas tarefas importantes, isto é, ações de revisão em pontos fundamentais dos equipamentos que devem ser realizadas com maior eficiência possível para aumentar a disponibilidade e a confiabilidade, reduzindo paradas e falhas.

2.2.3 Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva é a que “permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994, p.7). É a “atuação realizada com base na modificação de parâmetros de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática.” (PINTO; XAVIER, 2009, p. 44). São “tarefas de manutenção que visam acompanhar a máquina ou as peças, por monitoramento, medições ou controle estatístico e tentam predizer a proximidade da ocorrência da falha.” (VIANA, 2002, p.12).

O objetivo da manutenção preditiva é a determinação do tempo correto da intervenção mantenedora, evitando desmontagens para inspeção, e a utilização do componente até o máximo de sua vida útil (VIANA, 2002, p. 12). As técnicas preditivas são utilizadas para monitorar as condições do equipamento. Quando necessária, a correção é realizada por meio de uma manutenção corretiva planejada. (PINTO; XAVIER, 2009, p. 45).

O acompanhamento realizado pode ser feito de três formas:

- 1) Acompanhamento ou monitoração subjetiva: temperatura, ruído e folgas são monitorados através dos sentidos (tato, audição, visão e olfato);
- 2) Acompanhamento ou monitoração objetiva: realizada com base em medições utilizando equipamentos ou instrumentos especiais;
- 3) Monitoração contínua: sistemas que monitoram, em tempo real, variáveis como vibração e temperatura e que, alarmam e até mesmo param ou desligam os equipamentos, uma vez atingido o valor limite estipulado (PINTO; XAVIER, 2009).

2.2.4 Manutenção Detectiva

Manutenção Detectiva é “a atuação efetuada em sistemas de proteção, comando e controle, buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção.” (PINTO; XAVIER, 2009, p. 47).

As falhas ocultas são aquelas que não são possíveis de perceber, a menos que outra falha ocorra. A falha não se torna evidente para o operador ou o profissional de manutenção, mas expõe a instalação à possibilidade de ocorrência de falhas múltiplas, normalmente com conseqüências sérias para o processo produtivo, pois a maioria destas falhas está associada aos dispositivos de proteção como sensores, sistemas contra incêndios e outros (POSSAMAI; NUNES, 2001).

Desse modo, as tarefas executadas para verificar o funcionamento de um sistema representam a Manutenção Detectiva. Os especialistas verificam o sistema, sem tirá-lo de operação e detectam as falhas ocultas e corrigem a situação mantendo o sistema operando. Um exemplo simples deste tipo de intervenção é o

botão de teste de lâmpadas de sinalização e alarmes em painéis (PINTO; XAVIER, 2009).

2.3 Manutenção Automotiva

A manutenção dos veículos pode ser caracterizada como uma forma do proprietário ter controle sobre a confiabilidade e disponibilidade de seu automóvel. O indivíduo que possui um veículo deve planejar a manutenção de modo que esse meio de locomoção não ofereça riscos para a sua vida e de outros, enquanto cumpre sua finalidade principal como transporte.

De acordo com Matos (1999) “entre os anos 70 e início dos anos 80, a disseminação da mecanização e da automação, em consequência da expansão da indústria automotiva, relacionaram ainda mais as falhas aos padrões de qualidade.” Dessa forma, com o objetivo de tornar o número de falhas cada vez menor a indústria tende a se preocupar em manter um alto nível na qualidade de seus produtos. Dentre os principais componentes dos automóveis estão os motores, a seguir estão os principais fatores que influenciam o seu funcionamento.

2.3.1 Falhas e Panes

A falha pode ser definida como o “término da capacidade de um item de desempenhar a sua função”. Esta falha pode ser classificada de várias maneiras: falha crítica, de projeto, de fabricação, aleatória, gradual, etc. Uma pane é o “estado de um item caracterizado pela incapacidade de desempenhar uma função requerida, excluindo a incapacidade durante a manutenção preventiva ou outras ações planejadas, ou pela falta de recursos externos”. A pane ocorre após a falha. A “falha” é um evento; diferente de “pane” que é um estado (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994, p.3-4).

2.3.2 Atrito

Atrito define-se como a força natural que atua quando um objeto está se movimentando e em contato com outro, sendo essa força causada pelo contato de

dois corpos. Encontramos o atrito em qualquer tipo de movimento entre sólidos, líquidos ou gases que pode ser útil ou prejudicial.

O menor atrito que existe é o dos gases, seguido pelo dos fluidos e finalmente dos sólidos. Em função de o atrito fluido ser menor que o atrito sólido, existe a necessidade da interposição de uma substância líquida, definida como lubrificação, entre as duas superfícies evitando assim o contato entre as mesmas, produzindo o atrito fluido. É fundamental evitar-se o contato entre os materiais sólidos, pois este contato provoca o superaquecimento entre as peças, perda de energia, ruídos e desgastes ocasionados pelo agarramento entre elas.

O atrito sólido ocorre de duas maneiras: por atrito de deslizamento e de rolamento. O atrito por deslizamento acontece quando a superfície de um corpo escorrega ou desliza quando entra em contato com a superfície de outro corpo.

Já o atrito de rolamento acontece quando a superfície de um corpo rola sobre a superfície de outro corpo sem escorregar. Considerando estes dois tipos de atrito, o de rolamento é bem menor que o de deslizamento.

O atrito causa vários problemas, dentre os quais podemos citar:

- 1) Aumento da temperatura;
- 2) Desgaste das superfícies;
- 3) Corrosão;
- 4) Liberação das partículas;
- 5) Formação de sujeiras;

Como forma de reduzir ou evitar esses problemas inconvenientes, recomenda-se o uso de lubrificantes visando a redução do atrito através da formação de uma superfície que conduz calor e protege a vida útil das máquinas ou equipamentos, aumentando assim a vida útil das peças. (SENAI, 2012)

2.4 Lubrificação

Lubrificação define-se como a aplicação de uma substância lubrificante entre duas superfícies que estão em movimento, formando assim, uma película que evita o contato direto entre essas superfícies, promovendo assim a diminuição do atrito, do desgaste e da geração de calor.

Martins (2011), ressalta que além de impedir o contato entre as superfícies em movimento e assim reduzir as perdas mecânicas, a lubrificação permite também ajudar a estanqueidade do pistão e a refrigeração das partes móveis.

Os lubrificantes líquidos se subdividem em: óleos minerais, graxos, compostos, aditivados e sintéticos.

Os óleos minerais são oriundos da destilação e refinação do petróleo. Já os graxos podem ser tanto de origem animal quanto vegetal, primeiros a serem utilizados e posteriormente substituídos por óleos minerais. Os óleos compostos são formados a partir da mistura de óleos minerais e graxos.

Os óleos aditivados são óleos minerais mais puros aos quais foram acrescentados os aditivos, com a intenção de acrescentar determinadas propriedades.

Por fim temos os óleos sintéticos que são aqueles que derivam da indústria petroquímica, são os melhores lubrificantes embora sejam os de custo mais elevado (SENAI, 2012).

2.4.1 Análise de Óleos Lubrificantes

A análise do lubrificante tem por objetivos principais a determinação do momento certo da troca do lubrificante e a identificação de sintomas de desgaste de componentes (VIANA, 2002, p. 15).

As técnicas mais difundidas de análise de lubrificante são a análise em laboratório para constatação das distinções do óleo e a análise das partículas contidas em seu interior, oriundas de desgaste (PINTO; XAVIER, 2009).

Segundo Viana (2002), para realizar estes tipos de técnicas de análise de lubrificantes, é necessário um equipamento laboratorial eficiente com vários tipos de instrumentos para analisar várias distinções dos óleos que se estiverem inadequadas podem comprometer os equipamentos. Algumas características que devem ser analisadas são:

- 1) Nível de contaminação de água;
- 2) Quantidade de resíduos de carbono;
- 3) Viscosidade do óleo;
- 4) Acidez do óleo;
- 5) Ponto de congelamento;

6) Ponto de fulgor (inflamação).

2.4.2 Características dos Óleos Lubrificantes

Os óleos lubrificantes tem por propriedade serem menos ou mais viscosos, sendo que a viscosidade do lubrificante é essencial para evitar que se rompam as camadas fixadas às superfícies deslizantes, caso contrário, não seria possível à formação de uma película resistente de lubrificante. Dessa forma, a viscosidade incide numa configuração de resistência ao atrito em um deslizamento fluido.

A viscosidade não é constante pelo fato de variar conforme a temperatura. Os óleos lubrificantes, à medida que são aquecidos ficam mais finos, ou seja, tem sua viscosidade reduzida. De uma forma geral, a viscosidade deve ser suficiente para manter um filme de óleo entre um mancal e o seu eixo quando estiver em movimento, não podendo ser em excesso, o que provoca um consumo desnecessário de potência.

Em contrapartida, existem substâncias mais grossas ou espessas que tem a viscosidade elevada e por esse motivo não escorrem, como exemplo podemos citar a graxa.

Sendo assim, podemos afirmar com toda a certeza, que a viscosidade é a principal propriedade de um óleo lubrificante. Consiste num dos fatores básicos na seleção de um óleo lubrificante e a sua indicação sofre influência pelas mais diversas situações, dentre as quais podemos citar: velocidade, pressão, temperatura, folgas, acabamento.

Através da análise criteriosa e detalhada dos óleos, é provável definir a redução da viscosidade que ocorre quando o combustível ou qualquer outro produto menos viscoso é contaminado ou o aumento dessa viscosidade que pode indicar a oxidação do óleo, bem como, a presença de sólidos em suspensão, água ou a possível infecção com outro óleo mais viscoso originando a formação de borra.

Uma ferramenta de que dispomos para verificar e analisar a viscosidade é o que chamamos de Índice de Viscosidade que na verdade é um valor numérico que indica a variação da viscosidade em relação à variação da temperatura. Algumas substâncias podem ter a sua viscosidade reduzida à medida que forem aquecidas e aumentadas quando são resfriados. Quanto maior for o índice de viscosidade, menor será a variação dessa viscosidade com a temperatura. (SENAI, 2012, P.10)

2.4.3 Aditivos

Aditivos são substâncias que compõem óleos e graxas dando-lhes novas propriedades melhorando seu desempenho e eliminando as impróprias, podendo ser encontrados sob a forma de:

- 1) Aditivo de extrema pressão (EP) tem a função de impedir o rompimento da película lubrificante.
- 2) Antioxidante é aquele que controla a velocidade de oxidação do lubrificante e aumenta sua vida útil.
- 3) Agente anticorrosivo é o aditivo protetor dos metais contra substâncias corrosivas e ataques do meio-ambiente.
- 4) Agentes de adesividade são aqueles que conferem alto poder de aderência do lubrificante aos metais.
- 5) Detergente e dispersante tem a finalidade de diminuir a formação da borra, mantendo as impurezas em suspensão.
- 6) Agente antidesgaste é responsável por aperfeiçoar a capacidade de lubrificação.
- 7) Antiespumante é o agente responsável por desmanchar as bolhas de ar à medida que atingem a superfície livre do óleo.
- 8) Melhorador do índice de viscosidade é aquele que impede o aumento ou a diminuição excessiva da viscosidade (SENAI,2012).

2.5 Motores

2.5.1 Motores de ciclo Otto

Máquinas térmicas são aquelas que transformam energia térmica em energia mecânica útil (MARTINS; JORGE, 2011). Essa energia calorífica decorre da combustão de uma mistura ar-combustível ou combustível-combustível. Quando essa queima de combustível ocorre dentro do motor, essa máquina chama-se por combustão interna.

Inventado por volta do século XIX foi a invenção que teve mais impacto na sociedade e no nível de vida das populações. Atualmente, mesmo após várias

modernizações, o mesmo continua sem concorrência no campo do transporte rodoviário, podendo ser encontrado com vários índices de potência.

Outro aspecto de suma importância é o rendimento e a emissão de gases poluentes destas máquinas. O desempenho dos motores subiu consideravelmente ao longo das décadas e a emissão dos poluentes é hoje cerca de cem vezes inferior aos índices de quarenta anos atrás (MARTINS; Jorge, 2011).

2.5.2 Princípio de Funcionamento dos motores de ciclo Otto

Para seu funcionamento, o motor de combustão interna utiliza o aumento de pressão que resulta da combustão da mistura ar-combustível para gerar um movimento rotacional. Constitui-se de cárter, cabeçote, bloco, virabrequim, bielas e válvulas.

Para que o motor não pare quando o pistão estiver a comprimir ar num cilindro, ou para que não tenha um andamento muito irregular, uma extremidade do virabrequim é munida de um volante de inércia, que acumula energia cinética (MARTINS, 2011).

O motor de combustão interna predominante é o motor a gasolina, atualmente abrangendo características Flex (etanol, gasolina ou gás natural veicular GNV), aos quais chamamos motores de ignição por faísca pelo fato de sua combustão iniciar-se através de uma descarga elétrica de elevada tensão dentro da câmara de combustão.

O ciclo Otto ideal é formado pelos seguintes processos: Admissão, Compressão, Combustão e Exaustão, ou também conhecido como quatro tempos.

Na admissão, primeiro tempo, estando o pistão em ponto morto superior (PMS) descendo até o ponto morto inferior (PMI), é aberta a válvula de admissão, ficando a válvula de escape fechada, aspirando a mistura ar-combustível adequada pelo sistema de alimentação (injeção eletrônica ou carburador).

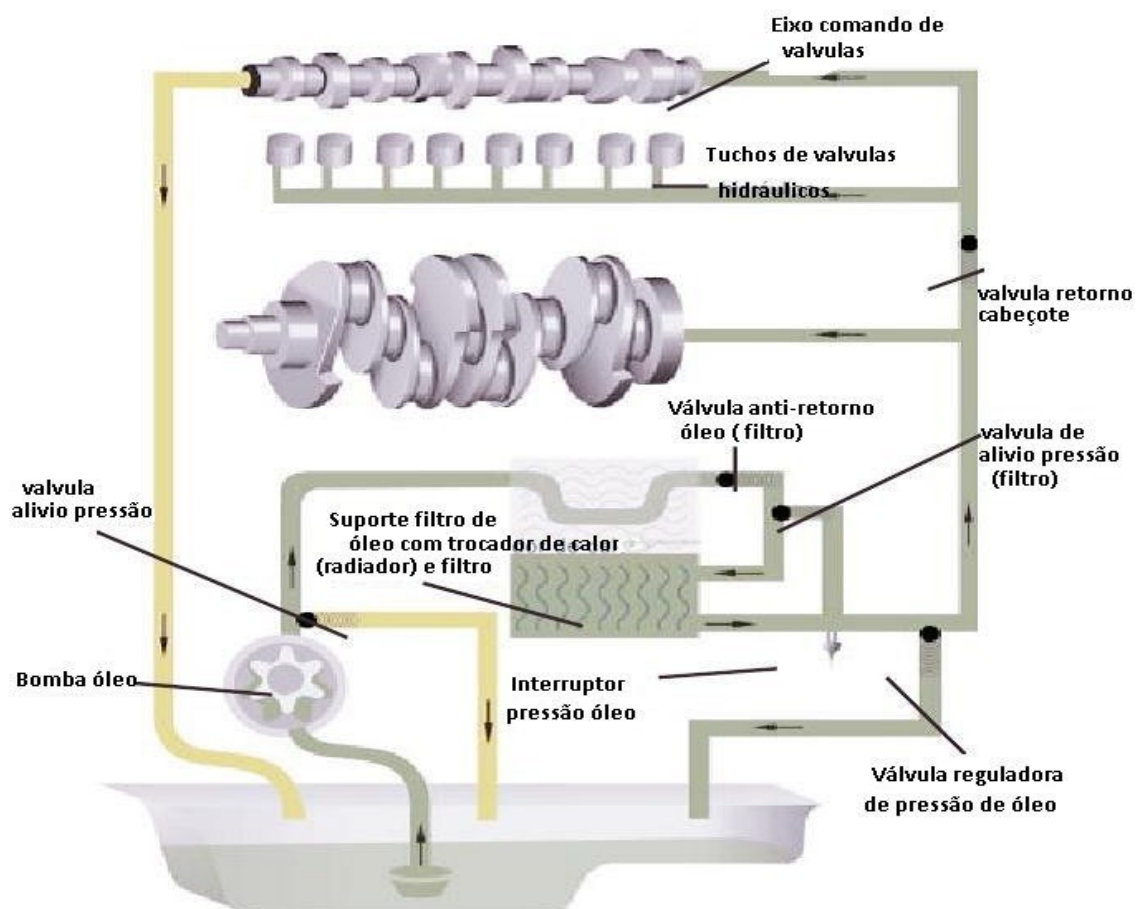
No processo de compressão, segundo tempo, e com as válvulas de admissão e escape fechadas o pistão se eleva até o PMS comprimindo a mistura dentro do cilindro.

Quando o pistão atinge o PMS, terceiro tempo, comprimindo a mistura, a mesma é inflamada por meio de uma faísca fazendo com que os gases aumentem a pressão empurrando o virabrequim para o PMI produzindo um movimento rotacional.

O cilindro com seu volume cheio de gases e o embolo em PMI faz com que o mesmo tome seu movimento ascendente, onde a válvula de escape abre descarregando os gases queimados para a atmosfera. Este é o quarto tempo.

A figura 1 demonstra o sistema de lubrificação de um motor de quatro tempos e de quatro cilindros da frota nacional ilustrando suas partes internas e identificando-as.

Figura 1 - Esquema de Lubrificação

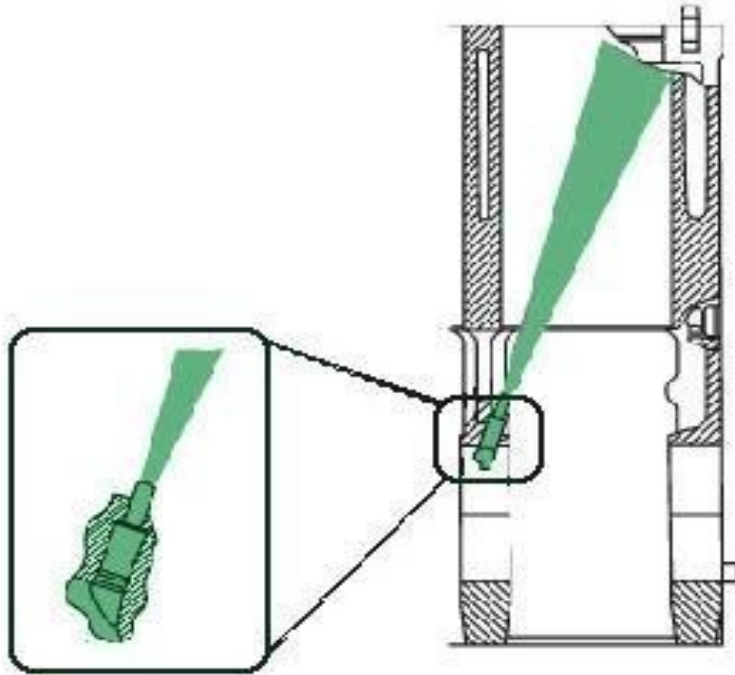


Fonte: VOLKSWAGEN, 2003.

2.5.3 Sistema de Resfriamento e Lubrificação dos Pistões

O sistema de resfriamento dos pistões, visível na figura 2, consiste em que um tubo injetor de óleo lubrificante fixado a parede do bloco do motor direcionado para a parte inferior do pistão. Além disso, possibilita maior lubrificação e no aumento da vedação dos anéis aumentando assim o rendimento do motor.

Figura 2 – Fixação do tubo injetor óleo motor



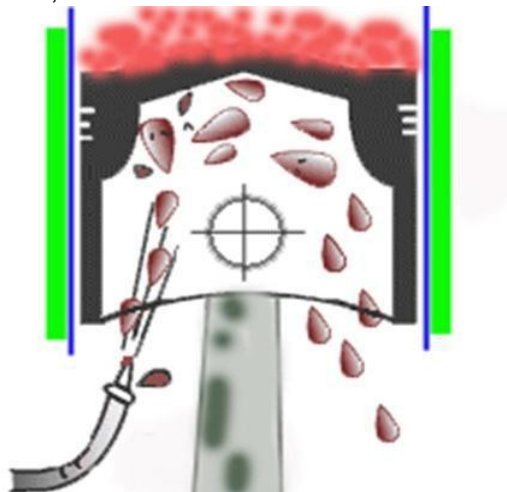
Fonte: VOLKSWAGEN,

2003.

A figura 3 representa o momento exato em que está ocorrendo a combustão sobre o pistão onde sua temperatura atinge seu ápice e na parte inferior do mesmo onde o óleo o atinge com uma temperatura inferior, resfriando-o.

Figura 3 – Tubo injetor óleo motor

Fonte: VOLKSWAGEM, 2003.



2.5.4 Função dos Lubrificantes

A função principal dos lubrificantes é formar um filme entre duas superfícies moveis, com o intuito de minimizar o atrito e suas consequências que podem levar a danificação dos componentes. Os lubrificantes apresentam uma maneira de transferir temperatura, retirando calor gerado pelo contato entre as faces em movimento rotacional, refrigerando-as. Além disso, tem a função de limpar e mantê-lo limpo, removendo as partículas que derivam do processo de combustão e mantendo estas partículas suspensas no óleo impedindo seu acúmulo no fundo do cárter ou em superfícies internas, provocando a borra. Outra função importante é a de proteção contra corrosão pode resultar na retirada de metais do motor, sendo imperativa a utilização de aditivos anticorrosivos e antidesgaste. Além disso, assim como resfria e lubrifica, adota papel de agente de vedação e previne a entrada de contaminantes externos ao compartimento. (SENAI, 1997).

2.6 Combustíveis

Dentre os diversos tipos de combustíveis utilizados nos veículos leves destacamos a gasolina que é um derivado da destilação fracionada do petróleo bruto, e que contém vários tipos de hidrocarbonetos cuja temperatura de ebulição que varia entre 25°C e 250°C.

A característica básica dos combustíveis utilizados em motores de ignição por faísca é o seu índice de octano, sendo que é esta a propriedade que determina a taxa de compressão aceitável neste tipo de motores, bem como, de forma indireta, a sua velocidade de combustão. Desta forma, um combustível com elevado índice de octano tem como característica a queima mais eficiente, podendo ser utilizado em um motor com elevada taxa de compressão. Entretanto, se esse combustível for queimado em um motor de baixa compressão, obteremos o mesmo desempenho que de um combustível de menor índice de octano (IO). A emissão de poluentes também será a mesma, exceto dos elementos adicionados ao combustível para aumentar o seu IO.

Hoje em dia as grandes empresas petrolíferas adicionam aditivos à gasolina para amortizar os efeitos nocivos no que diz respeito ao nível de produção de depósitos e, por conseguinte, para melhorar a combustão.

No início dos anos 80 surge no mercado a gasolina sem chumbo, abolida não apenas pela toxicidade, mas principalmente pelo fato de inibir as substâncias ativas dos catalisadores que neutralizam as emissões dos gases poluentes dos escapamentos veiculares. Atualmente, são utilizados alcoóis, éteres e MMT (composto a base de Manganês) como aditivos para aumentar o IO.

Há ainda o Etanol, combustível derivado da cana de açúcar e o GNV (Gás Natural Veicular) extraído dos gases do petróleo. Ambos produzem um menor índice de poluição nos veículos automotores (MARTINS, 2011).

2.7 Borra de óleo

A Borra de óleo é uma pasta escura e úmida (graxa) formada dentro dos motores atuais. Com o tempo, o óleo engrossa e perde sua capacidade de lubrificação, perdendo assim sua viscosidade. A pasta se acumula dentro do motor e, em alguns casos, torna-se até partículas sólidas ou sujas.

A formação da borra provém de alguns fatores como combustível adulterado, lubrificantes de baixa qualidade, mistura de tipos diferentes de lubrificantes, situações críticas de funcionamento, adição de aditivos extras, temperaturas de trabalho, combustíveis adulterados, intervalos de troca fora das especificações do fabricante, entre outras.

Muitos proprietários de veículos automotores, quando necessitam trocar o óleo do motor de seu carro, não prestam atenção no tipo adequado de lubrificante indicado pelo fabricante, e acabam utilizando um óleo de baixa qualidade em função do menor preço, uma vez que o óleo recomendado para aquele determinado motor pode chegar ao triplo do valor.

Outro fator causador da borra é a mistura de mais de um tipo de óleo no motor. Na maioria destes casos essa situação acontece quando o proprietário chega a um posto de combustíveis e o frentista lhe fala que a condição de óleo do motor está baixo e pede para completar. Como, na quase totalidade desses casos, o frentista não sabe que tipo de óleo está sendo utilizado e nem o proprietário do

veículo, e assim, acabam completando com um lubrificante de qualquer tipo, normalmente barato e de má qualidade.

Quando falamos em situações críticas de funcionamento não quer dizer altas rotações, mas sim, situações em que o automóvel fica muito tempo parado no trânsito e em marcha lenta ou quando percorre curtos trajetos. Situações de sobrecarga como, excesso de peso ou trocas de marcha em tempos errados, como por exemplo, quando o condutor está subindo um morro a uma baixa velocidade e com uma marcha engrenada para alta velocidade, assim o condutor acaba pisando fundo no acelerador exigindo uma maior potência. Nesse caso, o excesso de combustível injetado na câmara de combustão não queima totalmente e desce para o óleo lubrificante, contaminando-o. Assim como o fato de superaquecer os pistões que estando em uma temperatura muito alta, ao entrar em contato com óleo injetado em sua parte inferior a uma temperatura bem mais baixa, também forma micro cristais que propiciam o surgimento da borra.

Por outro lado, o mercado de produtos lubrificantes oferece aditivos adicionais para adição ao óleo lubrificante. Esses aditivos acabam reagindo com os aditivos dos lubrificantes, como detergentes e dispersantes, antiespumantes, antidesgaste, etc., que, ao invés de melhorar a sua performance, acabam ocasionando a formação de resíduos no interior do motor.

A temperatura do motor trabalhando fora dos padrões estabelecidos pelo fabricante, ocasionados por situações diversas como a falta de manutenção ou inadequada, onde o profissional retira alguma peça ou substitui por uma outra de funções de trabalho diferentes, ausência de aditivos no sistema de arrefecimento, carros parados no trânsito por muito tempo, são fatores que fazem o tempo de vida útil dos lubrificantes caírem significativamente, como a redução da viscosidade e a formação de partículas sólidas no óleo.

A contaminação do óleo por combustível adulterado também é ocasionadora de borra. Os elementos adulterantes como solventes ou outras substâncias estranhas a formulação dos combustíveis entram em contato com os aditivos do lubrificante, fazendo com que ocorra quebra ou junção de moléculas fazendo com que as moléculas do óleo que estão em suspensão se cristalizem e se depositem no fundo do cárter ou nas superfícies internas do motor. Essas partículas vão se agrupando e assim passíveis de entupirem os canais de lubrificação.

Dentre os mais diversos fatores ocasionadores da borra, aquele que se deve levar mais em consideração é o intervalo entre as trocas de óleo. Esse fator se agrava com a utilização de óleo não recomendado pelo fabricante. (SENAI, 2012).

2.8 Métodos de análise de falhas

Segundo Xavier (2009), as técnicas de análise de falhas mais utilizadas são:

1. FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*): Análise do Modo e Efeito da Falha;
2. RCFA (*Root Cause Failure Analysis*): Análise da Causa Raiz da Falha;
3. MASP: Método de Análise e Solução de Problemas;
4. RCM (*Reliability Centered Maintenance*): Manutenção Centrada na Confiabilidade (que é também conhecida pela sigla em português MCC e trata-se de uma metodologia que abrange outros aspectos da manutenção, além da análise de falhas).

2.8.1 FMEA

Através do FMEA, as falhas potenciais de uma máquina são hierarquizadas e são fornecidas ações preventivas. Alguns dos conceitos necessários para a análise são:

1. Causa: meio pelo qual um elemento resulta em falha;
2. Efeito: consequência indesejada de uma falha;
3. Modos de falha: maneiras possíveis de a máquina falhar;
4. Freqüência (F): probabilidade de ocorrência da falha;
5. Gravidade (G) ou Severidade: indica como a falha afeta o usuário ou cliente;
6. Detectabilidade (D): indica o grau de facilidade de detecção da falha;
7. Número de Prioridade de Risco (NPR): resultado do produto matemático da Freqüência, Gravidade e Detectabilidade. Esse índice indica a prioridade da falha (PINTO; XAVIER, 2012, p. 145-146).

Para determinar os valores para freqüência, gravidade e detectabilidade para compor o NPR, existem algumas recomendações, como as mostradas no quadro a seguir:

Quadro 1 – Critérios para determinação do NPR

Componente do NPR	Classificação	Peso
Frequência - F	Improvável	1
	Muito Pequena	2-3
	Pequena	4-6
	Média	7-8
	Alta	9-10
Gravidade - G	Apenas perceptível	1
	Pouca importância	2-3
	Moderadamente grave	4-6
	Grave	7-8
	Extremamente grave	9-10
Detectabilidade - D	Alta	1
	Moderada	2-5
	Pequena	6-8
	Muito Pequena	9
	Improvável	10
NPR	Baixo	1-50
	Médio	50-100
	Alto	100-200
	Muito Alto	200-1000

Fonte: Adaptado de Pinto & Xavier, 2012.

De acordo com Fernandes (2005), os principais passos para a execução de um FMEA são os seguintes:

1. Identificar modos de falha conhecidos e potenciais;
2. Identificar os efeitos de cada modo de falha e a sua gravidade;
3. Identificar as causas possíveis para cada modo de falha e a probabilidade de ocorrência (frequência) de falhas relacionadas a cada causa;
4. Identificar o meio de detecção no caso da ocorrência do modo de falha e sua respectiva probabilidade de detecção (detectabilidade);
5. Avaliar o potencial de risco de cada modo de falha (calcular NPR) e definir medidas de eliminação ou redução do risco das falhas críticas.

O quadro a seguir mostra um exemplo de aplicação do FMEA conforme os passos citados anteriormente:

Quadro 2 – Exemplo de Aplicação do FMEA

Componente ou processo	Função	Possíveis Falhas								Ações de Melhoria
		Modo	Efeito	Causa	Detecção	F	G	D	NRP	
Sistema de Lubrificação	Lubrificar partes móveis	Mangueira rompida	Vazamento de óleo	Mangueira mal encaixada	Inspeção visual	4	4	3	48	Treinar pessoal para troca/inspeção

Fonte: Adaptado de Pinto & Xavier, 2012.

2.8.2 RCFA

A Análise da Causa Raiz da Falha é um “método ordenado de buscar as causas dos problemas e determinar ações apropriadas para evitar sua reincidência”. É um exercício de investigação de causas. A metodologia da RCFA baseia-se no método de questionamento dos Cinco Porquês, que consiste basicamente em perguntar em torno de cinco vezes o porquê de o problema ter acontecido e após encontrar a causa raiz, são propostas medidas para evitá-la. (PINTO; XAVIER, 2012).

Abaixo segue um exemplo de sua utilização:

Quadro 3 – Método dos Cinco Porquês

PROBLEMA	Grau de satisfação dos clientes em relação ao equipamento.
POR QUÊ?	Porque o equipamento X apresentou falha.
POR QUÊ?	Porque não foi feita manutenção preventiva.
POR QUÊ?	Porque não tinha previsão de intervenção.
POR QUÊ?	Porque não foi feito um sistema de controle dos equipamentos
POR QUÊ?	Porque uma nova tecnologia foi utilizada e os operadores não receberam o devido treinamento.
AÇÃO	Providenciar treinamento.

Fonte: Adaptado de Schots, 2010.

2.8.3 MASP

O Método de Análise e Solução de Problemas (MASP) é um processo de melhoria que apresenta oito etapas, sendo que cada uma delas contribui para a identificação dos problemas e a elaboração de ações corretivas e preventivas para eliminá-los ou minimizá-los (BASTIANI, 2012).

O quadro a seguir apresenta as etapas utilizadas para realização do MASP:

Quadro 4 – Método dos Cinco Porquês

ETAPA	DESCRIÇÃO
ETAPA 1 – IDENTIFICAÇÃO	Escolha do problema
	Levantar histórico do problema
	Mostrar perdas atuais e possíveis ganhos
	Fazer análise de Pareto
	Nomear responsáveis
ETAPA 2 – OBSERVAÇÃO	Coletar dados e observar o local
	Estabelecer metas e cronograma e orçamentos
ETAPA 3 – ANÁLISE	Definir causas influentes
	Escolher causas mais prováveis
	Analisar causas mais prováveis
ETAPA 4 - PLANO DE AÇÃO	Elaborar estratégia de ação
	Elaborar plano de ação
ETAPA 5 – AÇÕES	Treinar equipe
	Executar ações
ETAPA 6 – VERIFICAÇÃO	Comparar resultados
	Listar efeitos secundários
	Verificar continuidade ou não do problema
ETAPA 7 – PADRONIZAÇÃO	Elaborar ou alterar padrão
	Comunicar

	Treinar e educar
ETAPA 8 – CONCLUSÃO	Acompanhar utilização do padrão
	Relacionar problemas remanescentes
	Planejar ataque aos problemas remanescentes
	Refletir

Fonte: Adaptado de Bastiani, 2012.

2.8.4 RCM

De acordo com Pereira (2011), A Manutenção Centrada na Confiabilidade é uma metodologia utilizada para garantir que quaisquer componentes de um equipamento ou um sistema operacional mantenham suas funções, sua condição de uso com segurança, qualidade, economia e ainda que seu desempenho não degrade o meio ambiente.

A abordagem clássica da RCM inclui:

1. Seleção do sistema;
2. Definição de sua função e os padrões de seu desempenho;
3. Determinação das falhas funcionais;
4. Análise dos modos e efeitos das falhas;
5. Determinação de ações para prevenção das falhas (PINTO; XAVIER, p. 158).

Esta metodologia engloba não só a análise de falhas, mas também indica diretamente modificações no processo de manutenção como a redução de manutenção preventiva por meio de tarefas que atuem apenas nos pontos críticos do equipamento e prevendo a substituição de componentes antes da falha, garantia de 31 utilização do equipamento a custos mínimos e política geral de redução de por meio da análise detalhada de todo o processo de manutenção. Esta metodologia não substitui o enfoque da manutenção tradicional (preventiva, preditiva, reformas, etc.), porém é mais uma ferramenta para auxiliar a gestão (PEREIRA, 2011).

3 METODOLOGIA

Este estudo se embasou no método de revisão bibliográfica, com abordagem qualitativa, buscando analisar o estado da arte no que se refere aos métodos de análise de falhas aplicados aos motores de combustão interna.

Para chegar aos resultados propostos pelos objetivos, esta pesquisa utilizou de artigos, teses e dissertações indexadas em plataformas acadêmicas. Tendo como critérios de inclusão o ano de publicação artigos com máximo 10 anos de publicação, escritos em língua portuguesa ou inglesa e que estejam em acordo com os objetivos da pesquisa sendo selecionados 5 artigos norteadores.

Para realização da análise dos artigos selecionados, foi utilizado um quadro de resultados, onde foram expostos os dados pertinentes das pesquisas e posteriormente foi realizada uma avaliação dos resultados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na etapa de resultados e discussões foram selecionados cinco trabalhos que abordam a manutenção em indústrias automobilísticas para serem analisados afim de compreender a aplicação de diferentes técnicas de manutenção automotiva. Em cada uma das tabelas abaixo estão resumidos os objetivos, metodologias e principais resultados de cada um desses trabalhos:

Tabela 1 – Aplicação da Manutenção Centrada em Confiabilidade em um processo da indústria automobilística

Autor (ano)	Objetivo	Metodologia	Resultados
Rosa (2016)	Aplicação dos preceitos da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) em equipamentos de um sistema transportador de automóveis com vistas ao aprimoramento da confiabilidade do	O estudo limita-se a estudar o comportamento de falhas do sistema transportador de unidades com velocidade de trabalho de 57 unidades por hora.	Os resultados da economia gerada para a organização foram evidenciados com base no custo derivados das falhas nos períodos Pré e Pós-MCC, resultando em uma economia após a aplicação da MCC.

	processo.		
--	-----------	--	--

Fonte: Adaptado de Rosa (2016)

Nessa dissertação o autor se propõe a realizar a implementação da Manutenção Centrada em Confiabilidade em uma indústria automobilística, para isso foram realizadas algumas ações:

- I- Seleção e capacitação de uma equipe multidisciplinar;
- II- Coleta de informações;
- III- Análise de confiabilidade de equipamentos críticos;
- IV- Análise das funções e falhas funcionais;
- V- Aplicação da FMEA;
- VI- Determinação dos novos planos de manutenção;

De acordo com Rosa (2016) “A implantação da MCC permitiu visualizar e aplicar melhorias em dois equipamentos responsáveis por 23% das falhas do processo registradas no período Pré-MCC.” Os resultados da implementação da MCC proporcionaram à empresa uma maior confiabilidade nos equipamentos através das ações direcionadas pelas análises estruturadas da FMEA, além de evidenciar uma evolução nos indicadores de desempenho dos equipamentos estudados.

Tabela 2 - Manutenção Produtiva Total: um modelo adaptado

Autor (ano)	Objetivo	Metodologia	Resultados
TONDATO, R. 2004	Apresentar uma proposta para a metodologia de Manutenção Produtiva Total, conhecida como TPM (<i>Total Productive Maintenance</i> ou Manutenção Produtiva Total), adaptando-a à gestão da empresa, utilizando-se de conceitos e ferramentas de gerenciamento, já conhecidas e em	Um estudo de caso a respeito de um problema de manutenção industrial, através de pesquisa bibliográfica e aplicação da metodologia TPM.	Foram reduzidos o número de intervenções na máquina, o tempo gasto para manutenção, o tempo de máquina parada e a quantidade de acidentes de trabalho.

	USO.		
--	------	--	--

Fonte: Adaptado de TONDATO, R. (2004).

No trabalho desenvolvido por este autor são executadas as etapas de planejamento, implantação e avaliação dos resultados da metodologia Manutenção Produtiva Total (TPM) em uma indústria gráfica, buscando consolidar uma metodologia de implementação do programa TPM.

Foram criadas etapas de planejamento, implantação e avaliação dos resultados obtidos com a aplicação do programa em um projeto piloto, visando confirmar as vantagens do modelo proposto.

Segundo TONDATO, R. (2004) “O TPM significa uma manutenção autônoma da produção que tenta otimizar a habilidade do operador e o conhecimento do seu próprio equipamento para aumentar ao máximo a sua eficiência de operação.” Através da aplicação das ferramentas aliadas ao TPM a empresa obteve resultados positivos: foram reduzidos o número de intervenções na máquina, o tempo gasto para manutenção, o tempo de máquina parada e a quantidade de acidentes de trabalho.

Tabela 3 – Manutenção prescrita e manutenção real: uma abordagem baseada na atividade dos profissionais

Autor (ano)	Objetivo	Metodologia	Resultados
Carvalho (2011)	Verificar se as prescrições (ITl's) elaboradas com a participação efetiva contribui para a realização das atividades.	O tipo de pesquisa adotada foi exploratória ou descritiva, cujo objetivo é definir melhor o problema,	Evidenciou-se a contradição entre a prescrição e a atividade, mostrando a diversidade de fatores, imprevistos e dificuldades que se

		descrever comportamentos ou definir e classificar fatos e variáveis.	opõem a tarefa, invisíveis perante a organização formal e a eles próprios.
--	--	--	--

Fonte: Adaptado de Carvalho (2011)

O autor propôs nesse trabalho realizar a verificação das Instruções de Trabalhos Internas (ITI's) afim de verificar se elas são efetivas para contribuir com a realização das tarefas no dia-a-dia de trabalho. Através da Análise Ergonômica do Trabalho (AET) e coleta de dados o autor confrontou os documentos onde são descritas as instruções de trabalho com a atividade realizadas pelos profissionais mecânicos e eletricitas de manutenção.

Os resultados dessa análise indicaram que as chamadas prescrições se mostram ineficientes, mesmo quando elaboradas com a participação dos profissionais, essa informação revela a invisibilidade da atividade dos profissionais perante a gestão da manutenção (CARVALHO, 2011). O autor sugere uma mudança de abordagem que seja capaz de compreender a realização das atividades de maneira efetiva, reposicionamento das abordagens vigentes, bem como a reflexão sobre as dificuldades enfrentadas levando em conta a perspectiva do manutentor no curso da ação privilegiando, considerando a importância dos meios e não mais somente dos fins, propiciando melhorias tanto para a empresa aumentando os índices de confiabilidade das instalações quanto para os profissionais.

Tabela 4 - Manutenção Produtiva Total: estudo de caso em uma empresa automobilística

Autor (ano)	Objetivo	Metodologia	Resultados
Moraes (2004)	Analisar o efeito da implementação do TPM nos índices de Eficiência Global do Equipamento, Disponibilidade do Equipamento, Performance Operacional e Qualidade do Produto em um caso real de implementação em uma indústria	Um estudo de caso e investigação que descreve a metodologia de implementação do TPM utilizada pela empresa objeto de estudo, por meio da apresentação teórica dessa metodologia e da análise dos	Pode-se afirmar que o time implementou de forma adequada os conceitos do FTPM (Ford Total Productive Maintenance) e que essa implementação serviu para impulsionar a melhoria da Eficiência Global do Equipamento (OEE)

	automobilística.	resultados obtidos em um caso real de implementação.	
--	------------------	--	--

Fonte: Adaptado de Moraes (2004)

Essa pesquisa foi realizada através de um estudo de caso onde aconteceu a implementação da metodologia TPM (*Total Productive Maintenance*) em uma indústria automobilística. Foram utilizados os conceitos de regressão de séries temporais para previsão dos índices de Eficiência Global do Equipamento (OEE), Disponibilidade do Equipamento, Performance Operacional e Qualidade do Produto.

A implementação foi feita em 4 fase e subdivididas em 12 etapas, onde houve a preparação para obter o ambiente propício, introdução e lançamento do projeto, implantação com todas as atividades relacionadas a melhoria da eficiência dos equipamentos e sistemas e a sua consolidação.

Moraes (2004) afirma que “pela melhoria apresentada nos índices estudados comprovou-se a importância e o efeito positivo da implementação do TPM sobre os resultados da manufatura além de se verificar a dificuldade em se manter ao longo do tempo.” O autor aponta para o desafio de manter um processo de melhoria contínua após a implementação do TPM.

Tabela 5 – O impacto da implantação do TPM nos indicadores da manutenção

Autor (ano)	Objetivo	Metodologia	Resultados
Sperancetta (2005)	Desenvolver e aplicar um modelo para avaliação do impacto da aplicação da Manutenção Produtiva Total (TPM) nos indicadores de desempenho relacionados à atuação da manutenção na área de pintura de uma indústria automobilística.	Estudo de caso onde será aplicada a metodologia TPM no setor de pintura de uma indústria automobilística.	O Rendimento Global do Equipamento (RGE) apresentou resultado bastante positivo após a implementação da TPM.

Fonte: Adaptado de Sperancetta (2005)

Foi realizado um estudo de caso onde o TPM foi aplicado numa indústria automobilística, mais especificamente na área de pintura. De acordo com Sperancetta (2005) “em termos de resultados para a empresa, a implantação do TPM teve forte impacto sobre os indicadores de desempenho de manutenção”. O Rendimento Global do Equipamento (RGE) é um dos indicadores que servem como referência para avaliação do TPM.

O RGE médio que era de 61,9% antes da implantação de TPM, atingiu após a implantação, superando a meta de 78,2%. Esta evolução de 17% é resultado dos ganhos obtidos nos indicadores de Disponibilidade; Qualidade e Desempenho. Destes indicadores, o que apresentou maior contribuição para a evolução foi o da Qualidade, subindo de 77,1% antes do TPM para 88,7% após a implantação.

Baseando-se no desempenho do RGE, nota-se que o TPM teve forte contribuição na eliminação de perdas no processo produtivo da linha de pintura automotiva pesquisada. O forte envolvimento da equipe de implantação de TPM deve ser destacado. Este envolvimento foi caracterizado pela efetiva participação nos grupos de melhoria, que tinham como objetivo a identificação e eliminação das perdas.

Outro indicador que apresentou razoável evolução foi a taxa de polivalência inicialmente com o resultado de 46%, atingindo 58,6% após a implantação do TPM. Este resultado está relacionado com a implantação do pilar treinamento, responsável por aumentar a abrangência do conhecimento de cada técnico, garantido o sucesso e continuidade do trabalho da equipe de manutenção.

A preventiva realizada também apresentou considerável evolução, subindo de 86% para 99,4%, a partir deste indicador que o TPM fortaleceu a prática de manutenção planejada, que é um de seus pilares. A implantação do pilar automanutenção resultou no envolvimento dos operadores na execução de algumas tarefas de manutenção de nível básico, proporcionando aos técnicos de manutenção mais tempo para a execução de atividades. Outro fator determinante para a preventiva foi a otimização do plano de manutenção preventiva.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação da gestão da manutenção de maneira eficiente é um fator determinante para o bom desempenho de um processo ou produto. O planejamento da rotina de manutenção deve ser cumprido de forma que a manutenção corretiva seja diminuída ou até mesmo eliminada. Prever falhas e corrigi-las antes que ocorra a pane do equipamento gera economia de recursos, tornando o processo menos custoso.

Nos resultados foram descritas as implantações de diferentes metodologias de manutenção, avaliando os impactos de cada um deles perante os indicadores de manutenção. O desenvolvimento de uma pesquisa com diferentes empresas que utilizam os métodos de análise de falhas é uma sugestão para ampliar o conhecimento sobre a efetividade desses métodos na prática. Assim seria possível analisar os imprevistos que acontecem no processo de forma empírica, demonstrando a importância da manutenção no cotidiano de uma empresa.

O indicador RGE pode ser aplicado em diferentes níveis dentro do ambiente de manufatura. Primeiramente o RGE pode ser usado como uma medição de desempenho inicial de uma planta de manufatura na sua totalidade, dessa forma o valor inicial do RGE pode ser comparado com valores futuros e quantificado o nível de melhoria quando realizado. Em segundo lugar, um valor é calculado para alinha de produção da fabrica destacando qualquer deficiência de desempenho como outras linhas de produção e em terceiro as máquinas trabalham individualmente e identificam assim o desempenho de cada maquina separadamente mostrando assim onde o TPM deve focar seus recursos.

Com base nos estudos de casos pode se perceber que mesmo sendo uma solução mais assertiva a manutenção preventiva, ainda tem o seu valor mais elevado em relação a manutenção corretiva, além de demandar mais treinamentos de pessoas tornando o ambiente propicio e sem que haja um estudo bem feito de implantação dos métodos de analises de falha, as empresas optam por fazer as manutenções corretivas em maior abrangência.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, Milena. **Análise de Causa Raiz**: levantamento dos métodos e Exemplificação. 2014. Disponível em: <<https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/23437/23437.PDF>> Acesso em: 05 jan. 2021
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO. **A situação da manutenção no Brasil**. In: XXVI Congresso Brasileiro de Manutenção. Curitiba, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**: Confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.
- BARAN, Leandro; TROJAN, Flávio; SOLA, Antônio. Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) aplicada na redução das falhas funcionais em um sistema de tensionamento. 2013. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STO_177_011_21956.pdf> Acesso em: 09 jan. 2021.
- BARGER, E.L.; LILGEDAHL, J.B.; CARLETON, W.M.; McKIBBEN, E.G. **Tratores e seus Motores**. Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo, Brasil, 1966.
- BRANCO FILHO, Gil. **A Organização, o Planejamento e Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008. 276 p.
- CALDONAZO JÚNIOR, Altamiro. **Como reduzir custos de manutenção**. 38 f. Monografia de pós-graduação em Gerência de Empresas. Faculdade de Ciências Econômicas, Contábeis e de Administração de Varginha. Varginha, 1999.
- CARVALHO, A. L. **Manutenção prescrita e manutenção real**: Uma abordagem baseada na atividade dos profissionais: O caso de uma indústria automobilística. 2011. 190 f. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.
- DOYLE, Daniella. O Que É Fmea E Como Aplicar Para Melhorar Processos E Produtos. 2019. Disponível em: <<https://www.siteware.com.br/qualidade/o-que-e-fmea/>> Acesso em: 03 jan. 2021
- Gerônimo, M. D. S., Leite, B. C. C., & Oliveira, R. D. Gestão da manutenção em equipamentos hospitalares: um estudo de caso. *Exacta*, 15(4), 161. (2017)
- IURK, Isabella. **Tipos de manutenção**. 2019. Disponível em: <<https://www.produttivo.com.br/blog/operacional/2019/01/21/tipos-de-manutencao-quais-suas-diferencas.html>> Acesso em: 22 dez. 2020
- LEAL, Fabiano et al. Análise de falhas através da aplicação do FMEA e da Teoria Grey. **Revista Gestão Industrial**, Ponta Grossa, v. 2, n. 1, 2006.
- MARCORIN, Wilson Roberto, LIMA, Carlos Roberto Camello. Análise dos Custos de Manutenção e de Não-manutenção de Equipamentos Produtivos. *Revista de Ciência & Tecnologia*, v.11, n° 22, p.35-42, 2003.

MARTINS, Jorge. Motores de Combustão Interna. 3. ed. Porto: Publindústria, 2011.

MATOS, F.F.C. Metodologia para o Planejamento e Estruturação de Sistemas de Manutenção de Frota Automotiva. Dissertação de Mestrado, Programa de PósGraduação em Engenharia Mecânica. UFSC, Florianópolis, 1999.

MORAES, P. H. A. **Manutenção Produtiva Total: estudo de caso em uma empresa automobilística**. Dissertação de mestrado, 2004.

PEREIRA, Mário Jorge. **Engenharia de Manutenção: Teoria e Prática**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna. 256 p. 2011.

PETENATE, Marcelo. **As vantagens da manutenção centrada na confiabilidade**. 2019. Disponível em: <<https://www.escolaedti.com.br/vantagens-manutencao-centrada-confiabilidade>> Acesso em: 04 jan. 2021

PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Júlio de Aquino Nascif. **Manutenção: Função Estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009. 384 p.

ROSA, R. N. D. Aplicação da Manutenção Centrada em Confiabilidade em um Processo da Indústria Automobilística. VI Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, Ponta Grossa, 02 Dezembro 2016.

SALES, Raquel. **Manutenção industrial**. 2019. Disponível em: <<https://blog.acoplastbrasil.com.br/manutencao/>> Acesso em: 19 dez. 2020.

SELEME, Robson. Et al Controle da Qualidade, IBPEX, 2008.

SENAI. Lubrificantes. Espírito Santo, 2012.

SILVEIRA, Cristiano Bertulucci. **Confiabilidade e disponibilidade de máquinas: um exemplo prático**. 2012. Disponível em: <<http://www.citisystems.com.br/confiabilidade-disponibilidade-maquinas/>>. Acesso em: 20 dez. 2020

SPERANCETTA, Alessandro. O impacto da implantação do TPM nos indicadores de manutenção. 2005. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/7346/000498521.pdf?sequence=1>> Acesso em: 01 nov. 2021.

TELES, Jhonata. **Engenharia de Manutenção: Foco em Confiabilidade, Disponibilidade e Manutenibilidade**. 2020. Disponível em: <<https://engeteles.com.br/engenharia-de-manutencao/>> Acesso em: 17 dez. 2020.

TONDATO, R. - Manutenção Produtiva Total: Estudo de Caso na Indústria Gráfica. 2004. 119f. Dissertação (Mestrado em Gerência de Produção)- Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM: Programação e Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002. 192 p.

VICENTE, M. de C. 1977. **Transformações Em Motores de Dois Tempos**. Edições, CETOP.

VOLKSWAGEN. Motores da frota nacional, 2003.

XAVIER, Júlio de Aquino Nascif. **Manutenção Classe Mundial**. Congresso Brasileiro de Manutenção. Salvador, 1998.

WYREBSKI, J. Manutenção Produtiva Total - Um Modelo Adaptado. 1997. 69f. Dissertação (Mestre em Engenharia). Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

ZAMBON, Lucas. **Metodologias para Melhoria de Qualidade**. 2009. Disponível em: <https://www.medicinanet.com.br/conteudos/qualidade-e-seguranca/2330/metodologias_para_melhoria_de_qualidade_%E2%80%93_fmea_failure_modes_and_effects_analysis.htm> Acesso em 05 jan. 2021