

# MAHLE

**MANUAL DE FALHAS PREMATURAS EM PISTÕES, ANÉIS, BRONZINAS,  
CAMISAS, BUCHAS, VÁLVULAS, TUCHOS E TURBOCOMPRESSORES**

**Aftermarket 2019/2020**

[WWW.MAHLE-AFTERMARKET.COM](http://WWW.MAHLE-AFTERMARKET.COM)

 **MAHLE**<sup>®</sup>  
METAL  
LEVE<sup>®</sup>



# Índice

## Falhas prematuras em pistões, anéis, camisas, bronzinas, buchas, válvulas, tuchos e turbocompressores

Introdução .....	Página	4
------------------	--------	---

### Falhas prematuras em pistões

<b>1. Falhas prematuras em pistões por erros de montagem .....</b>	<b>Página</b>	<b>7</b>
1.1 Expulsão da argola de retenção do pino .....	Página	7
1.2 Folga insuficiente entre o pino e a bucha .....	Página	8
1.3 Zona de contato inclinada .....	Página	8
1.4 Engripamento por deformação da camisa de cilindro .....	Página	9
1.5 "Flutter" dos anéis .....	Página	9
1.6 Insuficiência de folga de montagem .....	Página	10
<b>2. Falhas prematuras por mau funcionamento do motor .....</b>	<b>Página</b>	<b>10</b>
2.1 Engripamento por refrigeração deficiente .....	Página	10
2.2 Danificação por detonação .....	Página	11
2.3 Danificação por pré-ignição .....	Página	12
2.4 Trincas na cabeça e nos cubos do pistão .....	Página	13
2.5 Falha por funcionamento em temperatura abaixo da normal .....	Página	13
2.6 Excesso de combustível injetado .....	Página	14
2.7 Danificação do topo por erosão .....	Página	15
2.8 Interferência do pistão contra o cabeçote e/ou as válvulas .....	Página	16
2.9 Fratura do pistão na região dos cubos .....	Página	17
2.10 Trincas na borda da câmara .....	Página	17
2.11 Trincas na saia do pistão .....	Página	18
2.12 Deformação da parte superior da camisa .....	Página	18
2.13 Usinagem do topo do pistão .....	Página	19
2.14 Embielamento incorreto .....	Página	19
2.15 Ruptura/quebra da parede entre canaleta .....	Página	20

### Falhas prematuras em anéis

<b>3. Falhas prematuras em anéis por erros de montagem .....</b>	<b>Página</b>	<b>23</b>
3.1 Montagem invertida do anel .....	Página	23
3.2 Montagem sobreposta das pontas da mola helicoidal ou das pontas do espaçador .....	Página	24
3.3 Montagem com corpo estranho .....	Página	24
3.4 Montagem dos anéis com ferramentas inadequadas ou danificadas .....	Página	24
3.5 Partículas estranhas no ar admitido .....	Página	25
3.5.1 Contaminação por abrasivo .....	Página	25
3.6 Lubrificação insuficiente .....	Página	26
3.6.1 Lavagem de cilindro .....	Página	26

3.7	Outros fatores	.Página	28
3.7.1	Brunimento	.Página	28
3.7.2	Adulteração dos anéis	.Página	28

#### Falhas prematuras em camisas

<b>4.</b>	<b>Falhas prematuras em camisas por erros de montagem</b>	<b>.Página</b>	<b>31</b>
4.1	Montagem da camisa com cola/adeseivo	.Página	31
<b>5.</b>	<b>Usinagem irregular do bloco e/ou cabeçote</b>	<b>.Página</b>	<b>32</b>
5.1	Montagem da camisa com irregularidade do apoio	.Página	32
5.2	Montagem da camisa com irregularidade do bloco	.Página	33
5.3	Lubrificação insuficiente/diluição do óleo lubrificante	.Página	34
<b>6.</b>	<b>Outros fatores</b>	<b>.Página</b>	<b>35</b>
6.1	Corrosão – escamas – cavitação	.Página	35
6.2	Expulsão da trava	.Página	37
6.3	Contaminação por abrasivo	.Página	37

#### Falhas prematuras em bronzinas

<b>7.</b>	<b>Falhas prematuras em bronzinas por mau funcionamento</b>	<b>.Página</b>	<b>39</b>
7.1	Corrosão	.Página	39
7.2	Fragilidade a quente ("hot short")	.Página	40
7.3	Fadiga generalizada	.Página	40
7.4	Insuficiência de óleo na bronzina	.Página	41
7.5	Erosão por cavitação	.Página	42
7.6	Folga excessiva	.Página	43
<b>8.</b>	<b>Falhas prematuras em bronzinas por erros de montagem</b>	<b>.Página</b>	<b>44</b>
8.1	Folga axial (longitudinal) insuficiente	.Página	44
8.2	Impurezas sólidas	.Página	44
8.3	Sujeira no alojamento	.Página	46
8.4	Alojamento ovalizado	.Página	46
8.5	Altura de encosto insuficiente	.Página	47
8.6	Altura de encosto excessiva	.Página	48
8.7	Biela empenada ou torcida	.Página	49
8.8	Capa deslocada	.Página	49
8.9	Virabrequim deformado	.Página	50
8.10	Bloco deformado	.Página	51
8.11	Colos não-cilíndricos	.Página	52
8.12	Raio de concordância incorreto	.Página	53
8.13	Torque incorreto e aplicação de cola/adeseivo	.Página	53
<b>9.</b>	<b>Montagem incorreta por falta de atenção</b>	<b>.Página</b>	<b>54</b>

#### Falhas prematuras em buchas

<b>10.</b>	<b>Falhas prematuras em buchas por erros de montagem</b>	<b>.Página</b>	<b>57</b>
10.1	Folga de montagem incorreta	.Página	57
10.2	Alojamento deformado	.Página	57
10.3	Embuchamento incorreto	.Página	59

## Falhas prematuras em válvulas

<b>11. Falhas prematuras em válvulas</b> . . . . .	<b>Página</b>	<b>61</b>
11.1 Engripamento da haste de válvulas . . . . .	.Página	61
11.2 Desgaste da sede da válvula . . . . .	.Página	62
11.3 Fraturas e quebras das válvulas . . . . .	.Página	63
11.4 Fratura na região dos canais de travas com a haste . . . . .	.Página	63
11.5 Trinca e/ou fissura na região da sede de válvulas . . . . .	.Página	64
11.6 Fratura na região da cabeça da válvula . . . . .	.Página	64
11.7 Desgaste generalizado na cabeça da válvula . . . . .	.Página	65
11.8 Assento de válvulas queimadas e com desgaste localizado . .	.Página	65
11.9 Vários tipos de irregularidades . . . . .	.Página	66

## Falhas prematuras em tuchos

<b>12. Falhas prematuras em tuchos</b> . . . . .	<b>Página</b>	<b>69</b>
12.1 Desgaste do prato . . . . .	.Página	69
12.2 Pitting na região do prato . . . . .	.Página	70
12.3 Deformação de ressalto do came . . . . .	.Página	70
12.4 Quebra de tucho . . . . .	.Página	71

## Falhas prematuras em turbocompressores

<b>13. Falhas prematuras em turbocompressores</b> . . . . .	<b>Página</b>	<b>75</b>
13.1 Desgaste dos mancais principais, eixo, carcaça . . . . .	.Página	75
13.1.1 Lubrificação deficiente . . . . .	.Página	75
13.1.2 Óleo lubrificante contaminado . . . . .	.Página	78
13.2 Admissão de corpo sólido . . . . .	.Página	80
13.3 Aplicação incorreta . . . . .	.Página	81
13.4 Retorno do óleo obstruído ou alta pressão no carter "Blow-by" . .	.Página	82
13.5 Obstrução da entrada de ar no motor . . . . .	.Página	83

## Tabela de conversão de apertos (torque)

<b>14. Tabela de conversão de apertos (torque)</b> . . . . .	<b>Página</b>	<b>84</b>
--	---------------	-----------

# Introdução

Todas as peças de um motor possuem uma vida útil prevista, sendo essa duração maior ou menor, de acordo com a função específica a elas atribuídas. Cada uma das peças, portanto, tem a sua vida útil pré-determinada que, em condições normais de funcionamento de todo o conjunto, atende às expectativas.

Mas, nem sempre essas expectativas se mantêm, pois fatores internos e/ou externos ao motor podem comprometer uma peça durante o período de funcionamento do motor, diminuindo a sua vida útil. A função de um bom mecânico não deve se limitar apenas em trocar a peça, mas também em diagnosticar a causa da redução da durabilidade pré-determinada.

Os componentes internos do motor, os quais analisaremos as falhas, são:

## **Pistões**

São peças geralmente de liga de alumínio fundido ou forjado, cuja função é transmitir, através de movimento alternado, a força resultante da pressão dos gases em expansão devido à combustão da mistura ar/combustível, por intermédio do pino e da biela, para o virabrequim.

## **Anéis**

São elementos circulares elásticos com elevada força de expansão. Têm como principais funções: promover a vedação dos gases na câmara de combustão, fazer o controle do filme de óleo lubrificante na parede do cilindro e servir como elemento de transmissão de calor do pistão para o cilindro.

## **Camisas**

São peças cilíndricas do tipo seca, molhada e aletada. Têm como principais funções: proporcionar um sistema fechado para a expansão dos gases da combustão e efetuar a troca de calor com o líquido de arrefecimento que circula pelas galerias do bloco (camisa molhada) ou mesmo com o ar do meio ambiente (camisa aletada). Também permite o reaproveitamento/recuperação do bloco em alguns casos.

## **Bronzinas**

São peças de aço cobertas com diferentes ligas antifricção. As principais funções das bronzinas são: reduzir o atrito entre uma parte móvel de um motor e a parte estática a ela ligada e resistir a elevadas cargas, principalmente a cargas de alto impacto causadas pela combustão que ocorre no motor.

## **Buchas**

São peças inteiriças ou com partição e são semelhantes às bronzinas. Diferem basicamente no formato, em alguns itens da terminologia e na composição das ligas. A principal função de uma bucha é reduzir o atrito entre uma parte móvel de um motor e a parte estática a ela ligada.

## **Válvulas**

São peças construídas com um ou mais tipos de materiais. Devido à sua função, estão divididas em dois tipos: Válvulas de Admissão e Válvulas de Escapamento.

As Válvulas de Admissão têm a função de permitir a entrada de ar e combustível para a câmara de combustão. São normalmente monometálicas, monometálicas com blindagem na sede da válvula e bimetálicas.

As Válvulas de Escapamento têm a função de permitir a saída dos gases resultantes da combustão. São normalmente bimetálicas e bimetálicas com blindagem no assento. Podem ser ocas com enchimento de sódio.

Ambas também têm as funções de vedar a câmara de combustão, servir como elemento de transmissão do calor para o cabeçote e líquido de arrefecimento.

## **Tuchos**

Tucho é um elemento mecânico de movimento alternado. São peças fundidas, usinadas e que recebem diferentes tipos de tratamento térmico. Os tuchos podem ser utilizados em diferentes posições: no bloco entre o eixo comando e a vare-

ta de válvulas, no cabeçote, recebendo uma extremidade do balancim, e posicionado entre o eixo comando e a ponta da válvula.

### **Turbocompressor**

São componentes periféricos ao motor Ciclo Diesel e/ou Otto e podem existir ou não segundo a necessidade de potência requerida. O turbocompressor tem como principal função sobrealimentar motores, utilizando a energia térmica produzida pelos gases de escapamento para movimentar o eixo-rotor da turbina através do rotor da turbina que conseqüentemente irá movimentar a roda compressora, pois estão fixos nas extremidades do mesmo eixo. A roda compressora irá aspirar o ar atmosférico, criando fluxo de ar sob pressão no coletor de admissão. Desse modo, no tempo de “admissão” dos cilindros, quando a válvula de admissão se abrir, maior será a quantidade de ar ou mistura admitida em cada cilindro, como também será maior a quantidade de combustível a ser queimada. O turbocompressor torna mais eficiente a queima da mistura admitida.

Apresentamos, abaixo, as causas mais comuns que comprometem a vida útil das peças citadas. É importante lembrar que o comprometimento da vida útil destes componentes pode estar associado a uma ou mais causas combinadas:

- Montagem incorreta;
- Usinagem irregular no alojamento da camisa seca;
- Lubrificação insuficiente/lavagem de cilindro;
- Outros fatores.

Uma simples substituição das peças que sofreram falhas prematuras submeterá as novas peças às mesmas causas que foram responsáveis pelos danos causados na peça anterior. Assim sendo, o mecânico não pode corrigir a falha prematura sem antes descobrir o que a provocou.

Para facilitar a compreensão, cada caso é analisado neste manual, sob três ângulos diferentes:

**1. Aspecto** - Breve descrição de uma peça que falhou devido a uma ou mais causas específicas.

**2. Causas** - Descrição do processo destruidor e fatores capazes de acelerar o dano.

**3. Correções** - Cuidados que devem ser tomados, para corrigir a falha prematura da peça.

### **Condição normal, aparência e desgaste**

Para o funcionamento inicial do motor à combustão interna, em condições normais, é necessário que o arranque seja efetuado através do motor de arranque que, ao girar o eixo virabrequim, ocorre a admissão, para dentro da câmara de combustão, da mistura de ar e combustível. Dentro da câmara, a mistura é comprimida pelo êmbolo e terá o seu volume diminuído e a sua temperatura aumentada. Existem dois tipos de ignição:

- Ignição forçada (vela de ignição);
- Ignição espontânea.

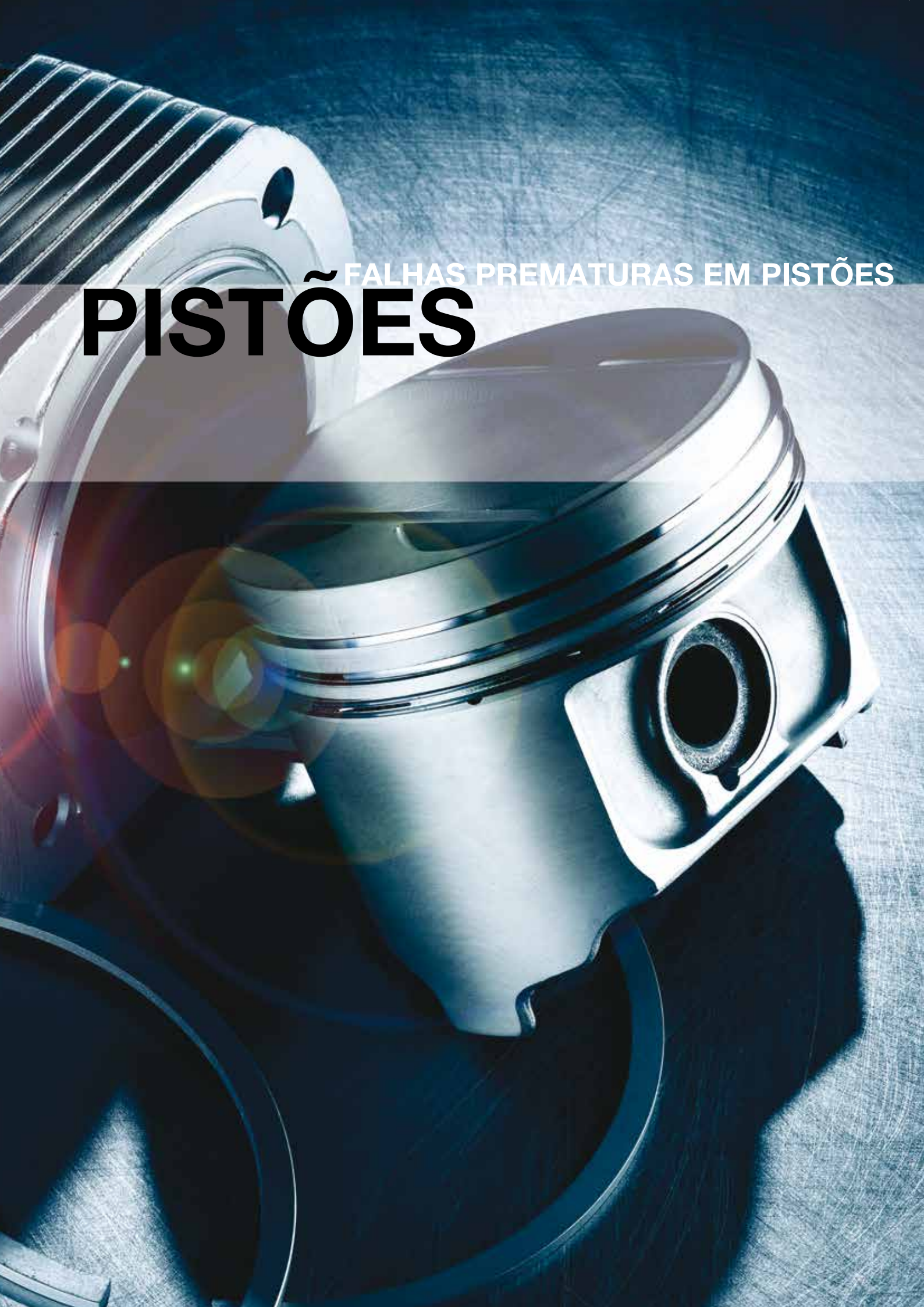
A ignição forçada ocorre através de centelha fornecida pela vela de ignição; a mistura ar/combustível comprimida pelo êmbolo entra em combustão e expande-se, empurrando o êmbolo daquele cilindro para baixo (motores Ciclo Otto – gasolina/álcool/gás).

A ignição espontânea ocorre em motores movidos a diesel, onde a taxa de compressão é maior que nos motores Ciclo Otto. Nestes casos, o motor admite somente o ar para dentro da câmara de combustão e o êmbolo comprime o ar admitido até que o seu volume tenha grande redução e elevado aumento na temperatura. Em determinado ponto (ponto de injeção), o combustível é pulverizado dentro da câmara de combustão, através do bico injetor. Neste momento, inicia-se a combustão (combustão espontânea) da mistura ar/diesel, empurrando o êmbolo do respectivo cilindro para baixo (motores Ciclo Diesel).

### **IMPORTANTE**

Neste Manual de Falhas Prematuras apresentamos as causas mais freqüentes que podem levar a falhas em pistões, anéis, camisas, bronzinas, buchas, válvulas e tuchos. Com certeza existem várias outras causas que devem ser analisadas e levadas em consideração antes da montagem de nova peça no motor.





FALHAS PREMATURAS EM PISTÕES

# PISTÕES



# Características normais de trabalho

O desgaste normal de um pistão ocorre quando os demais componentes do motor também funcionam em condições normais. Os sistemas de filtração do ar, de injeção de combustível, de lubrificação e de arrefecimento e a operação do

equipamento, quando em condições normais de funcionamento, contribuem para que os pistões tenham um desgaste normal durante o período de vida útil do motor.



*Pistão com características normais de funcionamento*

## 1. Falhas prematuras em pistões por erros de montagem

### 1.1 Expulsão da argola de retenção do pino

#### Aspecto

- Rompimento da canaleta da argola de retenção do pino.

Geralmente, a ocorrência se dá por um componente de força que empurra o pino contra uma das argolas de retenção até a sua expulsão e/ou a sua fratura. Eventualmente, pedaços da argola fraturada passam pelo furo do pino, indo danificar a outra extremidade.

#### Causas

- Bielas empenadas;
- Cilindros desalinhados em relação ao virabrequim;
- Montagem incorreta da argola;
- Conicidade no colo do virabrequim;

- Folga longitudinal (axial) excessiva no virabrequim;
- Folga excessiva entre o pino e a argola;
- Falta de paralelismo entre o centro da bucha do pé de biela e da bronzina.

#### Correções

- Alinhar corretamente as bielas (trocar se necessário);
- Retificar os cilindros devidamente alinhados em relação ao virabrequim;
- Montar corretamente a argola, cuidando para não deformá-la durante a montagem;
- Retificar corretamente os colos do virabrequim;
- Verificar a folga axial do virabrequim.



*Fig. 1.1*



*Fig. 1.1.1 Danos provocados pela trava*



*Fig. 1.1.2 Danos provocados pela trava*



*Fig. 1.1.3 Danos provocados pela trava*

## 1.2 Folga insuficiente entre o pino e a bucha



Fig. 1.2

### Aspecto

- Faixas de engripamento ao lado do furo para pino (cubos).

### Causas

- Montagem do pino com folga insuficiente no cubo do pistão e/ou na bucha do pé de biela.

### Correções

- Montar o pino do pistão com a folga especificada na bucha do pé de biela, observando a existência ou não de classificação pino e pistão.

## 1.3 Zona de contato inclinada

### Aspecto

- Área de contato inclinada em relação ao eixo do pistão.

### Causas

- Bielas empenadas;
- Cilindros desalinhados em relação ao virabrequim.

### Correções

- Alinhar corretamente as bielas (trocar se necessário);
- Retificar os cilindros devidamente alinhados em relação ao virabrequim;
- Mandrilar a bucha do pé de biela no esquadro em relação à biela.



Fig. 1.3.1 Marcação inclinada na região da saia do pistão

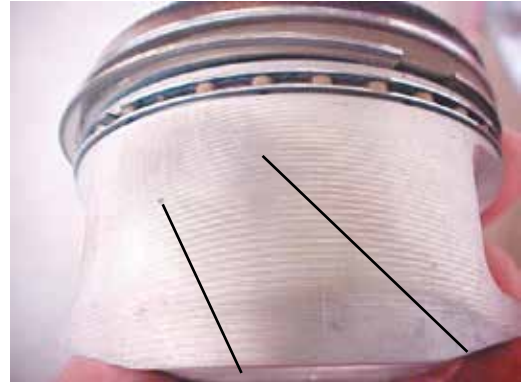


Fig. 1.3.2 Marcação inclinada



Fig. 1.3.3 Marcação inclinada



Fig. 1.3



Fig. 1.3.4 Marcação inclinada na região da saia do pistão

#### 1.4 Engripamento por deformação da camisa de cilindro

##### Aspecto

- Engripamento em faixas estreitas, geralmente em toda a circunferência da saia do pistão, que tendem a ir se alargando com o funcionamento, com conseqüente engripamento generalizado.

##### Causas

Deformação da camisa em virtude de:

- Irregularidade na montagem do bloco;
- Dilatação das gaxetas de vedação durante o funcionamento do motor;
- Diâmetro dos alojamentos das gaxetas de vedação acima do valor especificado;
- Aperto excessivo do cabeçote;
- Deficiência de retificação do cilindro.

##### Correções

- Usinar corretamente os furos no bloco para a instalação das camisas;
- Utilizar gaxetas de vedação de boa qualidade;
- Verificar o diâmetro dos alojamentos das gaxetas de vedação;
- Dar o torque correto nos parafusos do cabeçote.



Fig. 1.4

#### 1.5 "Flutter" dos anéis

##### Aspecto

- Canaletas de anéis destruídas.

O problema ocorre geralmente no primeiro anel de compressão, que é a zona mais solicitada da região dos anéis, devido à sua exposição direta aos gases da combustão.

A combustão retardada sobre os anéis origina calor, superaquecendo esta região do pistão. Além disso, os anéis não exercem perfeitamente sua função de transferir calor para o cilindro.

Dessa forma, o pistão tem a sua resistência diminuída, podendo vir a fraturar, o que se dá normalmente na zona de fogo/anéis.

##### Causas

- Excesso de folga entre o anel e a canaleta;
- Montagem de anéis novos em canaletas gastas;
- Utilização de anéis com altura incorreta;
- Excesso de depósitos de materiais carboníferos.

O superaquecimento desta região do pistão acrescido pela abrasão provocada pelos materiais carboníferos desgastam excessivamente a canaleta, proporcionando a vibração do anel.

##### Correções

- Quando da troca dos anéis, verificar minuciosamente as condições das canaletas nos pistões, principalmente as primeiras, que recebem os anéis de compressão;
- Manter a folga entre os anéis e as canaletas dentro das tolerâncias especificadas.



Fig. 1.5.1



Fig. 1.5



Fig. 1.6

## 1.6 Insuficiência de folga de montagem

### Aspecto

- Engripamento bastante acentuado e generalizado na saia do pistão, preferencialmente no lado de maior pressão, decorrente de um funcionamento anormal e, por conseguinte, de uma diminuição de folga a valores que ultrapassam a indicada em projeto.

### Causas

- Montagem do pistão no cilindro com folga insuficiente.

### Correções

- Observar a folga de montagem entre o pistão e o cilindro recomendada pela montadora/fabricante.

# 2. Falhas prematuras por mau funcionamento do motor



Fig. 2.1

## 2.1 Engripamento por refrigeração deficiente

### Aspecto

- Engripamento do pistão, preferencialmente sobre o eixo do pino (cubo).

O conjunto pistão-cilindro é montado com folgas bastante pequenas, sendo que elas tendem a diminuir com o aquecimento do motor, já que o coeficiente de dilatação do pistão é superior ao do cilindro.

Evidentemente, no projeto do pistão, é levado em consideração o sistema de refrigeração do motor.

Qualquer alteração que ocorra na refrigeração do motor faz com que se tenha um superaquecimento do conjunto, com a eliminação das folgas de projeto, o rompimento do filme de óleo lubrificante e o contato metálico entre o pistão e o cilindro.

Esse funcionamento anormal leva inevitavelmente a um engripamento dos pistões.

### Causas

- Excesso de depósitos nos condutos de água no bloco não removido por ocasião do último condicionamento. Estes depósitos causam sensível aumento da resistência térmica das paredes, elevando a temperatura do pistão;
- Engripamento da válvula termostática, ainda que por curtos períodos, pode causar a não-passagem da água de refrigeração pelo radiador, elevando, portanto, a temperatura do motor;
- Radiador em má condição, especialmente com bloqueio parcial da colméia, quer interna ou externamente. O isolamento térmico da colméia em relação ao ambiente dá-se, principalmente, por excessivos depósitos de barro na superfície externa da mesma;
- Falhas mecânicas na bomba de água podem gerar baixa vazão de água de refrigeração, o que se percebe especialmente quando o



motor é muito solicitado;

- Correia de ventilador frouxa (patinando) em demasia, originando queda no fluxo de ar através da colméia;
- Tampão do radiador defeituoso, não oferecendo estanqueidade suficiente, causa queda de pressão no circuito de água e 'fervura' mais freqüente da mesma;
- Drenar o Sistema de Arrefecimento para a retirada de possíveis bolhas de ar quando do enchimento do sistema com água aditivada.

A retirada das bolhas deve ser realizada através de locais próprios e recomendados pela montadora/fabricante. Por exemplo: na linha Volvo, nos veículos B58, B10M, NL10-340, a drenagem deste sistema deve ocorrer, removendo-se o bujão pequeno do 6º cabeçote, quando for encher o sistema com líquido refrigerante até a retirada total do ar existente internamente no sistema, antes de funcionar o motor.

#### Correções

- Revisar periodicamente o Sistema de Arrefecimento (bomba d'água, radiador, correia, ventilador e válvula termostática).

## 2.2 Danificação por detonação

#### Aspecto

- Cabeça do pistão parcialmente destruída.

Durante a combustão, quando a mistura dos gases não queimados sofre compressão devido ao avanço da frente da chama, pode ocorrer que, em determinado instante, toda a parcela final da mistura entre em combustão espontânea.

Esta combustão pode envolver apreciável parcela de massa que, ao invés de queimar progressivamente através do avanço da chama, queimando cada incremento de massa aproximadamente à pressão constante, vai reagir instantaneamente, e a volume constante. A pressão atingida é muito maior do que a pressão final atingida em combustão normal. Devido à grande rapidez com que ocorre o fenômeno,

não há tempo para que os gases queimados se expandam, o que justifica a hipótese de que esta combustão anormal se realiza a volume constante.

A elevação de pressão correspondente limita-se, portanto, ao volume ocupado pela massa que reagiu espontaneamente e dá origem a uma onda de pressão que se propaga dentro da câmara com a velocidade do som.

Esta onda sofre repetidas reflexões pelas paredes da câmara, dando origem a um ruído característico, que na linguagem popular é erroneamente chamado de "batida de pinos". O nome correto para o fenômeno descrito é "DETONAÇÃO".

A detonação ocasiona uma erosão na cabeça do pistão, no lado em que os gases sofrem a combustão espontânea (normalmente do lado oposto à vela), e tem origem na ação turbulenta dos gases de temperatura elevadíssima contra a cabeça do pistão.

Além disso, pode ocasionar, em seus últimos estágios, excessivo desgaste da primeira canaleta, quebra, sulcos e aprisionamento dos anéis.



Fig. 2.2

#### Causas

- Não-utilização de marchas adequadas a cada condição de carga e velocidade do veículo;
- Cilindro trabalhando excessivamente aquecido;



- Carburador com regulagem incorreta (mistura excessivamente pobre);
- Centelha excessivamente avançada;
- Combustível de má qualidade (com baixo número de octanas);
- Distribuidor com calibragem/regulagem incorreta;
- Sobrecarga do motor;
- Acúmulo de depósitos no topo do pistão ou no cabeçote;
- Rebaixamento excessivo do cabeçote com conseqüente aumento da taxa de compressão;
- Utilização de velas inadequadas.

#### Correções

- Proceder periodicamente a uma revisão dos sistemas de alimentação e ignição, mantendo-os em condições de funcionamento recomendadas pela montadora/fabricante;
- Evitar sobrecargas operacionais no motor.

### 2.3 Danificação por pré-ignição

#### Aspecto

- Zonas dos anéis e da cabeça do pistão parcialmente destruídas;
- Furo no topo do pistão.

A formação de uma segunda frente de chama, não devido à faísca da vela, com a queima espontânea do combustível, recebe o nome de pré-ignição.

Temos, pois, uma nova frente de chama, o que não constitui inconveniente, enquanto ocorre depois da frente da chama principal iniciada pela vela.

À medida que a temperatura das peças se eleva, a pré-ignição ocorre cada vez mais cedo no ciclo, adiantando-se à faísca da vela e diminuindo a potência do motor.

Em se tratando de apenas um cilindro, a potência iria diminuir progressivamente até que, finalmente e silenciosamente, o motor viesse a parar. Nos motores policilíndricos porém, os outros cilindros mantêm o motor em

movimento e o cilindro com pré-ignição é submetido às temperaturas de combustão durante tempos cada vez mais longos com um aumento excessivo do fluxo de calor para as paredes da câmara.

As excessivas temperaturas e as pressões resultantes da pré-ignição podem ocasionar um furo no topo do pistão.

#### Causas

- Velas inadequadas para o tipo de serviço requerido;
- Pontos quentes ocasionados por sistema de arrefecimento defeituoso;
- Depósitos de carbono em temperatura muito alta (quase incandescentes), ocasionando pontos quentes;
- Válvulas operando em temperaturas mais elevadas do que a normal;
- Detonação ou condições que levam a ela.

#### Correções

- Instalar velas adequadas para o motor;
- Verificar o sistema de arrefecimento;
- Descarbonizar o topo dos pistões e o cabeçote sempre que possível;
- Regular periodicamente as válvulas do motor, conforme prescrito pela montadora/fabricante.



Fig. 2.3



Fig. 2.3.1



Fig. 2.3.2

## 2.4 Trincas na cabeça e nos cubos do pistão

### Aspecto

- Trinca na cabeça do pistão;
- Trinca na parte superior dos cubos.

### Causas

- As trincas que se originam na cabeça dos pistões são conseqüências de tensões térmicas extremas. No caso em que as trincas evoluem na direção perpendicular ao eixo do pino, verificou-se que, em adição aos efeitos térmicos, existem tensões mecânicas induzindo tensões de tração ou de compressão na superfície do topo;
- As trincas que se originam na parte superior dos cubos e evoluem em direção ao topo, numa tendência de abrir o pistão ao meio, são decorrentes da interação entre o cubo e o pino. Ocorrem tensões elevadas, acima do valor recomendável, causadas pela compressão, pela deformação do pino e pelo efeito de cunha que exerce na superfície do furo.



Fig. 2.4

### Correções

- O recondicionamento do motor, a regulagem do sistema de injeção, bem como as condições de operação do motor devem ser

executadas dentro das especificações estabelecidas pela montadora/fabricante.

## 2.5 Falha por funcionamento em temperatura abaixo da normal



Fig. 2.5

### Aspecto

- Paredes entre as canaletas de anéis destruídas;
- Carbonização excessiva da zona de fogo e canaletas.

### Causas

- Carburador mal regulado (mistura excessivamente rica);
- Motor funcionando abaixo da temperatura normal;
- Válvula termostática bloqueada na posição aberta e/ou inexistente.

### Correções

- Regular corretamente o carburador, para que forneça a dosagem certa de ar e combustível;
- Verificar o funcionamento da válvula termostática;
- Recolocar a válvula termostática no caso de sua falta;
- É aconselhável não solicitar o veículo com o motor totalmente frio.



Fig. 2.6



Fig. 2.6a

## 2.6 Excesso de combustível injetado

### Aspecto

- Faixas de engripamento da cabeça à boca do pistão, geralmente na direção dos jatos de óleo diesel, propagando-se posteriormente para outras regiões.

### Causas

- A diluição da película de óleo lubrificante existente nas paredes dos cilindros dá-se a partir do excesso de combustível injetado, seja por débito da bomba injetora com valor acima do especificado e/ou por pulverização incorreta (esguicho) dos bicos injetores.

A partir do rompimento dessa película, ocorre contato metálico entre o pistão e o cilindro, elevação substancial da temperatura devido ao atrito, com conseqüente dilatação excessiva do pistão até o engripamento.



Fig. 2.6.4 Pulverização irregular do bico injetor

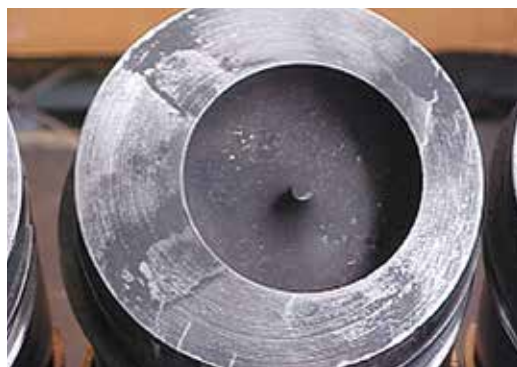


Fig. 2.6.5 Pulverização irregular do bico injetor



Fig. 2.6.1 Pulverização ocorrendo parcialmente fora da câmara de combustão



Fig. 2.6.2 Pulverização ocorrendo parcialmente fora da câmara de combustão



Fig. 2.6.6 Pulverização irregular do bico injetor



Fig. 2.6.3 Pulverização irregular do bico injetor



Fig. 2.6.7 Engripamento iniciado na zona de fogo com posterior ruptura na região do cubo



### Correções

- Revisar periodicamente a bomba e os bicos injetores, conforme recomendado pela montadora/fabricante.

## 2.7 Danificação do topo por erosão

### Aspecto

- Erosão da cabeça do pistão devido à sobrecarga mecânica e à desintegração térmica.

### Causas

- Excesso de combustível injetado por ciclo;
- Injeção prematura (ponto adiantado);
- Pulverização incorreta;
- Falta de estanqueidade nos injetores.



Fig. 2.7

### Correções

- Regular a bomba e os bicos injetores, para obter correta injeção e pulverização de óleo diesel;
- Corrigir o ponto de injeção de combustível.



Fig. 2.7.1 Destruição parcial da câmara de combustão



Fig. 2.7.2 Destruição parcial da câmara de combustão



Fig. 2.7.3 Engripamento iniciado na zona de fogo, estendendo-se para a região da saia do pistão



Fig. 2.7.4 Engripamento iniciado na zona de fogo



Fig. 2.7.5 Engripamento iniciado na zona de fogo



Fig. 2.7.6 Destruição parcial do topo devido à injeção



Fig. 2.7.10 Destruição do topo e da região do cubo devido ao bico injetor irregular



Fig. 2.7.7 Destruição parcial do topo devido à injeção



Fig. 2.7.11 Destruição do topo e da região do cubo devido ao bico injetor com funcionamento irregular



Fig. 2.7.8 Engripamento iniciado na zona de fogo



Fig. 2.7.9 Engripamento iniciado na zona de fogo

## 2.8 Interferência do pistão contra o cabeçote e/ou as válvulas

### Aspecto

- A cabeça do pistão apresenta-se deformada devido a batidas contra o cabeçote e/ou as válvulas do motor.

### Causas

- Aumento do curso do pistão devido ao afrouxamento de um parafuso da biela;
- O depósito de carvão de óleo que se forma na cabeça do pistão torna-se maior do que a folga, provocando, por isso, impactos no cabeçote do cilindro;
- Altura do bloco abaixo do especificado;
- Variação do curso devido à retificação incorreta dos colos do virabrequim;
- Alteração do comprimento da biela;
- Redução da altura do cabeçote sem o devido ajuste na profundidade das sedes das válvulas;
- Flutuação das válvulas;
- Sincronismo incorreto do eixo comando de válvulas.





Fig. 2.8

### Correções

- Verificar o sincronismo do eixo comando de válvulas;
- Verificar a medida da folga;
- Verificar as posições demasiadamente avançadas dos pistões nos cilindros em relação ao topo do bloco;
- Verificar a altura do topo do pistão em relação à face do bloco;
- Na retificação dos colos, manter o curso dentro dos valores especificados pela montadora/fabricante;
- Verificar o comprimento das bielas;
- Corrigir a profundidade das sedes das válvulas;
- Não exceder a rotação máxima especificada pela montadora/fabricante;
- Regular o ponto de injeção;
- Ajustar a bomba de acordo com as instruções da montadora/fabricante.



Fig. 2.8.1 Marca de válvula no topo usinado do pistão

## 2.9 Fratura do pistão na região dos cubos

### Aspecto

- Trincas profundas na região dos furos para pino ou na parte inferior da saia, podendo chegar à fratura da mesma.

### Causas

Normalmente esse tipo de falha ocorre devido a

problemas de funcionamento com engripamento e travamento da cabeça do pistão provocados por:

- Folga de montagem pistão/cilindro inadequada;
- Supersolicitação do motor ainda em fase de amaciamento;
- Deficiência de refrigeração;
- Deficiência de lubrificação;
- Combustão anormal.

No momento em que o pistão engripado é arrastado pelos demais, a saia é arrancada a partir da secção média do furo para pino.



Fig. 2.9

### Correções

- Observar as instruções da montadora/fabricante relativas à folga de montagem pistão/cilindro;
- Seguir as instruções da montadora/fabricante relativas ao amaciamento do mesmo;
- Verificar se os sistemas de refrigeração, de lubrificação e de injeção estão funcionando corretamente.

## 2.10 Trincas na borda da câmara

### Aspecto

- Trincas originadas radialmente na borda da câmara de combustão de pistões de motores a diesel de injeção direta.



Fig. 2.10

### Causas

- Uma injeção de combustível adiantada e/ou excessiva pode levar solicitações térmicas e mecânicas mais elevadas ao topo do pistão;
- A parte mais aquecida da câmara de combustão circundada pelas regiões menos aquecidas não pode expandir-se como deveria, de acordo com o coeficiente de dilatação térmica e temperatura atingida, uma vez que não é possível comprimir o material; a única possibilidade é a dilatação do mesmo na direção da superfície livre;
- O limite de elasticidade do material do pistão, que é baixo, em altas temperaturas, é excedido, isto é, ocorre uma deformação plástica na forma de acúmulo de material ou uma concentração na periferia da câmara;
- Quando o pistão se esfria até a sua temperatura ambiente, esta deformação persiste, criando tensões de tração que conduzem às trincas na borda da câmara.

### Correções

- Regular o ponto de injeção;
- Ajustar a bomba injetora de acordo com as instruções da montadora/fabricante.



Fig. 2.10.1

## 2.11 Trincas na saia do pistão

### Aspecto

- Em alguns tipos de pistões, a trinca na saia tem início no furo da fenda existente na canaleta de óleo e em outros, na fenda existente na saia.

### Causas

Este tipo de trinca é característico de supersolicitação do motor e, conseqüentemente, do pistão. Geralmente, ocorre sempre do lado de maior pressão, pois a região mais solicitada é a saia, que é submetida a esforços de flexão excessiva.



Fig. 2.11

A trinca ou as trincas evoluem em direção à parte inferior (boca) da saia do pistão, chegando a destacar a parte central da mesma.

As irregularidades, que geralmente ocasionam tal processo de supersolicitação do motor e pistão, são as seguintes:

- Aumento da relação de compressão acima dos limites estabelecidos no projeto;
- Aumento da rotação do motor acima do valor especificado pela montadora/fabricante;
- Combustível não adequado para essa relação de compressão;
- Montagem do pistão invertido;
- Folga excessiva do pistão/cilindro.

### Correções

- Manter a relação de compressão e a rotação especificadas pela montadora/fabricante;
- Utilizar o combustível adequado para a relação de compressão;
- Observar a folga do pistão/cilindro indicada pela montadora/fabricante;
- Observar as indicações de montagem existentes na cabeça do pistão.

## 2.12 Deformação da parte superior da camisa

### Aspecto

- Arrancamento de material da zona de fogo do pistão.

### Causas

A deformação da parte superior da camisa tem como conseqüência a danificação da zona de fogo do pistão. As causas desse tipo de desgaste do pistão podem ser:

- Deformação da camisa por aperto irregular;
- Junta do cabeçote imprópria.



Fig. 2.12

### Correções

- Efetuar a montagem da camisa e o aperto do cabeçote, seguindo as especificações da montadora/fabricante;
- Utilizar junta do cabeçote de boa qualidade, seguindo as instruções da montadora/fabricante;
- Verificar as dimensões do alojamento do colarinho da camisa.

## 2.13 Usinagem do topo do pistão

### Aspecto

- Trincas originadas ao longo da borda da câmara de combustão;
- Topo do pistão apresenta marcas grosseiras de ferramenta e ausência das marcas de identificação da peça.

### Causas

- A usinagem/o rebaixamento do topo do pistão diminui a distância entre a primeira canaleta e o topo do pistão (diminuição da altura da zona de fogo). Esta aproximação, associada à retirada do raio de concordância existente entre a borda da câmara de combustão, faz com que aumentem as tensões no topo do pistão, implicando no aumento da concentração das tensões na região da borda da câmara de combustão e, conseqüentemente, estando mais susceptível a trincas nesta região (veja fig. 2.13.6).



Fig. 2.13 Topo usinado

### Correções

- Utilizar pistões com altura de compressão menor, quando existir;
- Substituir o bloco.



Fig. 2.13.1 Marcas de usinagem do topo do pistão



Fig. 2.13.2 Marcas de usinagem do topo do pistão e rebaixo de válvulas

## 2.14 Embielamento incorreto

### Aspecto

- A peça apresenta marcação irregular no pino provocada por excesso de temperatura. O pistão também pode apresentar: trinca/fratura na região do cubo, consumo de óleo lubrificante, alinhamento das entrepontas dos anéis e ruído.



Fig. 2.13.3 Topo usinado



Fig. 2.13.4 Usinagem do rebaixo de válvulas



Fig. 2.13.5 Usinagem do rebaixo de válvulas



Fig. 2.13.6 Trincas existentes na borda da câmara de combustão



### Causas

- Posição incorreta da biela no pino;
- Aquecimento irregular da biela durante o processo de embielamento.

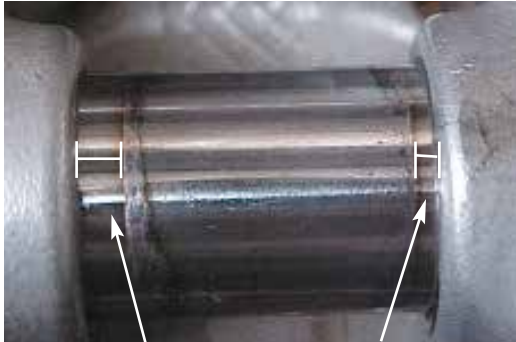


Fig. 2.14 Descentralização da biela no pino

### Correções

- Efetuar o embielamento do pistão, seguindo as recomendações da montadora/fabricante;
- Utilizar ferramentas adequadas para o embielamento do pistão, tal como forno elétrico;
- Ficar atento a possível desalinhamento do pino com o cubo durante a instalação deste no pistão.

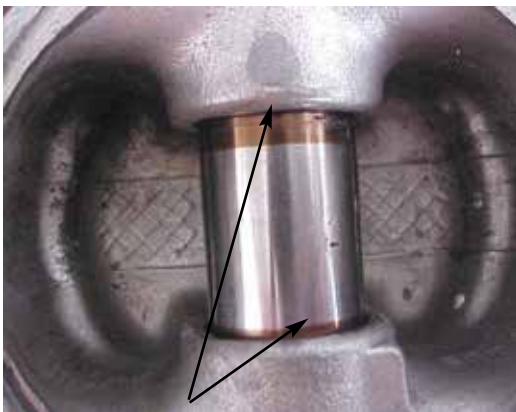


Fig. 2.14.1 Descentralização da biela no pino



Fig. 2.14.2 Marcação irregular do pino no cubo durante o embielamento



Fig. 2.14.3 Peça trincada durante o embielamento



Fig. 2.14.4 Marca irregular próxima ao cubo

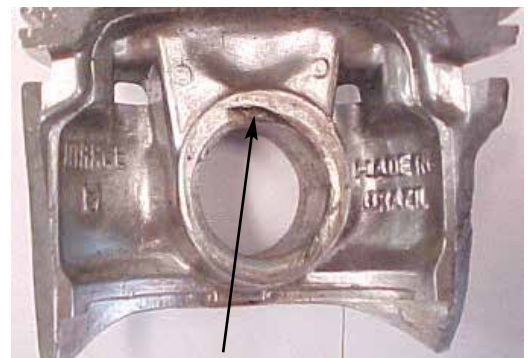


Fig. 2.14.5 Marca do pino no cubo

### 2.15 Ruptura/quebra da parede entre canaleta

#### Aspecto

- O pistão tanto na linha Diesel como no Ciclo Otto apresenta ruptura/quebra da primeira e/ou segunda parede entre canaleta.

## Causas

- A ruptura das paredes entre canaleta é consequência da elevação repentina do pico de pressão de combustão. Isto ocorre devido ao aumento do volume/massa de combustível admitido, à diminuição do volume na câmara de combustão do cabeçote e ao ponto incorreto de injeção/ignição. Nesta condição, o pistão fica submetido à elevação de cargas mecânicas (maior pressão de pico) e térmicas, causando a ruptura das paredes entre canaletas. A ruptura/quebra está relacionada ao processo que leva ao fenômeno da “DETONAÇÃO”.

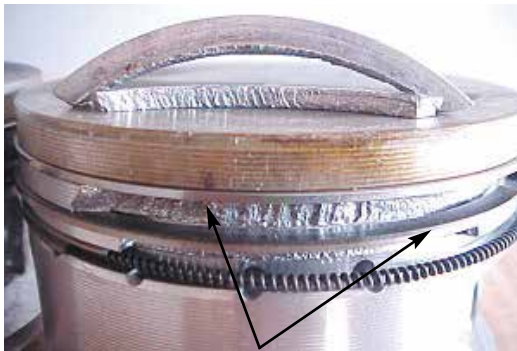


Fig. 2.15 Parede entre canaleta quebrada em pistão aplicado em motores Ciclo Otto

## Correções

- Manter a altura do cabeçote dentro das recomendações da montadora/fabricante;
- Manter a altura do bloco dentro das recomendações da montadora/fabricante;
- Manter a projeção do pistão em relação ao bloco, segundo as recomendações da montadora/fabricante;
- Não utilizar combustíveis de má qualidade;
- Revisar equipamentos periféricos ao motor (bomba e bicos injetores, partida a frio, motor de arranque e bateria);
- Utilizar corretamente a vela aquecedora (quando existir);
- Aplicar corretamente as peças e os componentes;
- Ponto de injeção correto;
- Verificar os itens que levam à “DETONAÇÃO”.



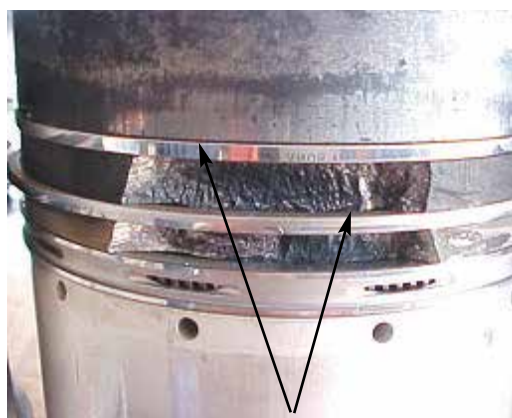
Fig. 2.15.1 Parede entre canaleta quebrada em pistão aplicado em motores Ciclo Otto



Fig. 2.15.2 Parede entre canaleta fraturada em pistão aplicado em motor Ciclo Otto



Fig. 2.15.3 Paredes entre canaletas fraturadas em pistões aplicados em motores Ciclo Diesel



Figs. 2.15.4 Paredes entre canaletas fraturadas em pistão aplicado em motores Ciclo Diesel





FALHAS PREMATURAS EM ANÉIS

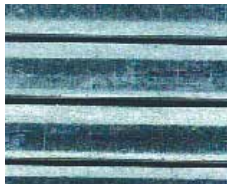
# ANÉIS



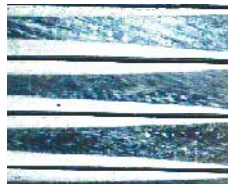
# Características normais de trabalho

As características dos anéis apresentados nas figuras a seguir são normais de funcionamento,

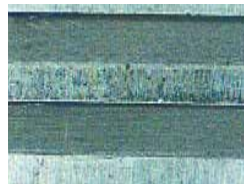
pois o desgaste da face de contato é compatível com a vida útil de todo o conjunto motriz.



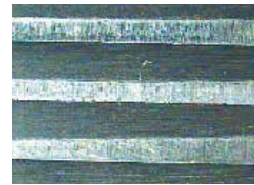
Anel de 1º canaleta.  
Face de trabalho – faixa de contato com o cilindro. 180° do GAP



Pontas



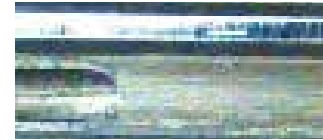
Anel de 2º canaleta.  
Face de trabalho – faixa de contato com o cilindro. 180° do GAP



Pontas



Anel de 3º canaleta.  
Face de trabalho – faixa de contato com o cilindro. 180° do GAP



Pontas

## 3. Falhas prematuras em anéis por erros de montagem

### 3.1 Montagem invertida do anel

#### Aspecto

- A aparência visual dos anéis montados no pistão mostra que estes foram montados invertidos, ou seja, com a gravação existente na superfície lateral virada para o lado de baixo do pistão.

#### Causas

- Montagem errada/invertida dos anéis dentro dos canaletes do pistão (figs. 3.1 e 3.1.1). Quando isto ocorre, os anéis não cumprem o seu papel como deveriam, permitindo que os gases da câmara de combustão passem facilmente para o cárter, ocasionando uma mistura ar/combustível irregular admitido na câmara de combustão. A temperatura do óleo lubrificante e a pressão no cárter aumentam. E além disso, a montagem invertida dos anéis provoca o aumento no consumo de óleo lubrificante, pois, ao invés de raspar, ele irá bombear o óleo lubrificante, para ser queimado com a mistura ar/combustível dentro da câmara de combustão.

Poderá também aumentar a contaminação do óleo lubrificante pelos gases, o qual diminuirá a vida útil do lubrificante e produzirá danos aos demais componentes do motor (bronzinas de mancais e biela e buchas).



Fig. 3.1 Marca do anel montado para o lado de baixo

#### Correções

- Substituir o jogo de anéis e montá-lo com a marcação voltada para o topo do pistão.



Fig. 3.1.1 Marca do anel montado para o lado de baixo



Fig. 3.2

### 3.2 Montagem sobreposta das pontas da mola helicoidal ou das pontas do espaçador

#### Aspecto

- Mola helicoidal do anel de óleo ou espaçador montados com as pontas sobrepostas.

#### Causas

- A montagem da mola helicoidal (fig. 3.2) ou do espaçador com as pontas sobrepostas (fig. 3.2.1), no conjunto anel de óleo, comprometem a pressão radial do anel e, conseqüentemente, a função de controlar o excesso de óleo lubrificante existente na parede do cilindro, aumentando sensivelmente o consumo.

Os anéis de óleo com molas helicoidais devem ter as pontas da mola posicionadas a 180° do GAP.

No caso dos anéis de óleo de 3 peças, as pontas devem estar deslocadas uma da outra em 90°.

#### Correções

- No anel de 2 peças, montar a mola do anel de óleo com as pontas a 180° do GAP. No caso do anel de 3 peças, não sobrepor as pontas do espaçador.



Fig. 3.2.1

### 3.3 Montagem com corpo estranho

#### Aspecto

- Os anéis apresentam corpo estranho impregnado na face de trabalho e na face lateral do anel (fig. 3.3).

#### Causas

- A contaminação dos anéis pelo material impregnado ocorreu durante a montagem do motor. A utilização de adesivos para vedação nos motores, em regiões próximas aos cilindros, não é procedimento recomendado por nenhuma montadora/fabricante. Neste caso, os anéis contaminados tiveram a sua função de vedação comprometida, pois as pressões, ao longo de sua periferia, estavam distribuídas de forma irregular devido ao "calço" provocado pelo adesivo. Isto compromete a vida útil dos anéis, causando o aumento no consumo de óleo lubrificante e desgaste irregular dos cilindros.



Fig. 3.3

#### Correções

- Fazer a montagem, seguindo as recomendações da montadora/fabricante do motor;
- Efetuar a limpeza de todos os componentes internos do motor, utilizando um procedimento adequado, com materiais e produtos isentos de sujeiras e impurezas.

### 3.4 Montagem dos anéis com ferramentas inadequadas ou danificadas

#### Aspecto

- O anel apresenta-se torcido (com as pontas desalinhadas) e deformado. (figs. 3.4 a 3.4.2)

#### Causas

- A montagem dos anéis nos canaletos do pistão sem a utilização de ferramentas apropriadas (alicate expansor) cria tensões e deformações indesejáveis, podendo deixá-

los com a forma espiral. Desta maneira, as pontas dos anéis montados nos canaletes exercerão pressões localizadas contra as faces laterais dos canaletes do pistão, promovendo um desgaste nessa região, além de comprometer a vedação lateral. Devido a estas condições, os anéis não terão o movimento de rotação dentro do canaleta, provocando o desgaste irregular na face de trabalho do anel e no cilindro, tendo, como consequência, o aumento do consumo de óleo do "Blow-by" (fluxo de gases da combustão para o cárter).



Fig. 3.4.1 Anel montado torcido



Fig. 3.4.2 Face de contato lascada

A ferramenta utilizada para comprimir os anéis montados no pistão, quando se coloca o mesmo dentro do cilindro, chama-se "cinta". Se a cinta não conseguir fechar totalmente o anel dentro do canaleta, a lateral do anel irá bater contra a borda do cilindro (o qual deve ter um pequeno chanfro para auxiliar a montagem), podendo provocar danos ou até a quebra do anel (veja fig. 3.4.2).

A recomendação de abertura para a instalação do anel no canaleta não pode exceder a 8,3 vezes a espessura radial do anel. Por exemplo: um anel com espessura radial de 3,00mm, terá a abertura máxima entre pontas de:  $3,00\text{mm} \times 8,30 = 24,90\text{mm}$ .

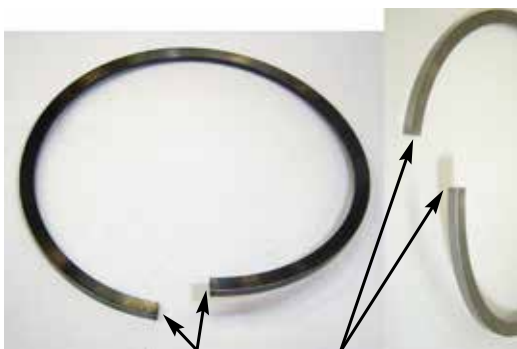


Fig. 3.4 Pontas desalinhadas devido à montagem incorreta

### Correções

- Não montar os anéis, utilizando as mãos para a abertura entre pontas;
- Montar os anéis utilizando ferramentas apropriadas e em boas condições, como o alicate expansor para anéis;
- Utilizar cintas adequadas para cada motor, para a colocação do conjunto anel/pistão no cilindro.

## 3.5 Partículas estranhas no ar admitido

### 3.5.1 Contaminação por abrasivo

#### Aspecto

- Os anéis apresentam riscos e desgaste prematuro na face de trabalho (figs. 3.5.1, 3.5.2, 3.5.3, 3.5.6 e 3.5.7), bem como nas faces laterais (fig. 3.5.4 e 3.5.5). Os anéis de óleo apresentam a face de trabalho lisa e larga (em alguns casos inexistentes).

#### Causas

- Partículas sólidas de diferentes tamanhos e durezas estão presentes no ar. Tais partículas, como a areia (sílica), a poeira, o carvão, entre outros, quando aspirados para dentro do motor, acarretam grandes danos aos anéis, provocando: desgaste prematuro do revestimento da face de trabalho e da face lateral, redução da espessura radial, aumento da folga entre pontas, redução da pressão e riscos profundos nos cilindros e na saia dos pistões.

A contaminação dos anéis por abrasivo pode ocorrer em virtude de:

- **Deficiência no sistema de filtração do ar** - elemento filtrante saturado ou de aplicação incorreta, furo ou rachadura na mangueira de ar, braçadeiras danificadas e junta do coletor de admissão danificada;
- **Resíduo de usinagem** - limpeza malfeita as partículas abrasivas do brunimento daquelas levadas pelo vento e resíduos de jateamento



de componentes do motor, como por exemplo, o cabeçote;

- **Sistema de filtração do combustível** - aplicação incorreta dos filtros de combustível e combustível de má qualidade.



Fig. 3.5.1 Anéis com riscos na face de contato

### Correções

- Utilizar elementos filtrantes somente para as aplicações recomendadas, verificá-los e substituí-los, segundo as recomendações da montadora/fabricante;
- Efetuar um check-up periódico no sistema de filtração (mangueiras, braçadeiras, juntas, etc.);
- Preparar e limpar corretamente os componentes internos para a montagem do motor;
- Utilizar combustíveis de boa qualidade, assim como elementos filtrantes e filtros separadores corretos.

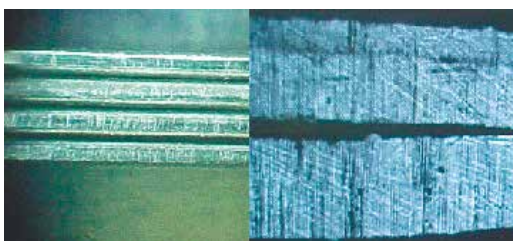


Fig. 3.5.2 Danos/riscos provocados na face de contato do anel

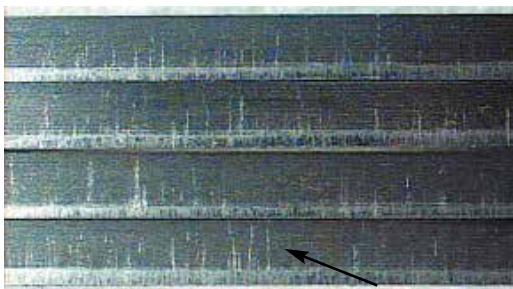


Fig. 3.5.3 Anel com riscos na face de contato

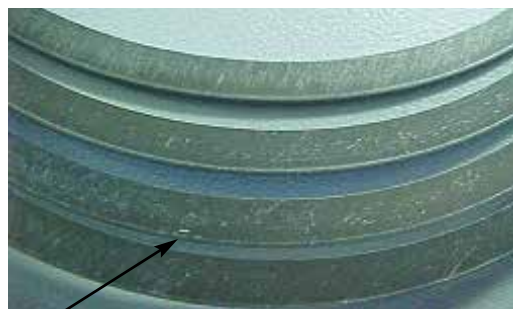


Fig. 3.5.4 Anel com riscos na face lateral



Fig. 3.5.5 Anel com partículas abrasivas na lateral



Fig. 3.5.6 Anel da terceira canaleta desgastado

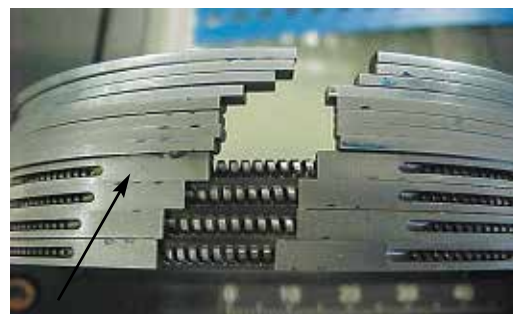


Fig. 3.5.7 Desgaste acentuado da terceira canaleta

## 3.6 Lubrificação insuficiente

### 3.6.1 Lavagem de cilindro

#### Aspecto

- Os anéis apresentam sinais de escoriações “Scuffing” na face de trabalho (figs. 3.6.1 a 3.6.5).

#### Causas

- A existência de óleo lubrificante tem várias

funções, e dentre elas: auxilia no resfriamento dos componentes internos do motor e diminui o atrito entre as partes móveis. Quando ocorre a combustão no topo do pistão, o calor gerado é dissipado para os anéis (principalmente o anel da primeira canaleta) que, por sua vez, transferem este calor para a parede do cilindro e para o óleo lubrificante ali existente. A película de óleo existente entre os anéis e o cilindro, apesar de ser muito fina, reduz consideravelmente o atrito, evitando o contato direto do metal com metal.

A lavagem do óleo lubrificante existente na parede do cilindro tem como principais causas:

- **Deficiência do sistema de injeção e/ou carburação** - as principais causas da lavagem do cilindro são quando a bomba e os bicos injetores estão desregulados no que diz respeito à alteração do débito de óleo diesel, à rotação da bomba injetora, ao sincronismo entre o regulador e a bomba, ao sincronismo entre os elementos da bomba injetora, à projeção e pressão de abertura dos bicos injetores fora do recomendado e à alteração do topo do pistão no caso dos motores Ciclo Diesel. Para os motores Ciclo Otto, o "grande vilão" é o carburador com aplicação errada e/ou desregulado. Isto provocará a retirada do óleo lubrificante da parede do cilindro. Tanto no motor Diesel como no Otto, a insuficiência de óleo lubrificante no cilindro irá aumentar o atrito e o aquecimento dos anéis, que podem chegar a soltar placas (fig. 3.6.5) e iniciar o processo engripamento (travamento do cilindro), ou mesmo a desgastar excessivamente o cilindro;
- **Deficiência do sistema de lubrificação** - a bomba de óleo lubrificante desgastada reduzirá sua capacidade de bombeamento, tendo, como conseqüência, a diminuição da pressão em todo o circuito do óleo, comprometendo, assim, a lubrificação do motor, levando-o a sofrer os danos anteriormente citados.



Fig. 3.6.1

### Correções

- Manter o sistema de injeção ou de carburação sempre regulado, seguindo as recomendações da montadora/fabricante;
- Verificar periodicamente o sistema de lubrificação do motor;
- Verificar e manter a originalidade da turbina.



Fig. 3.6.2

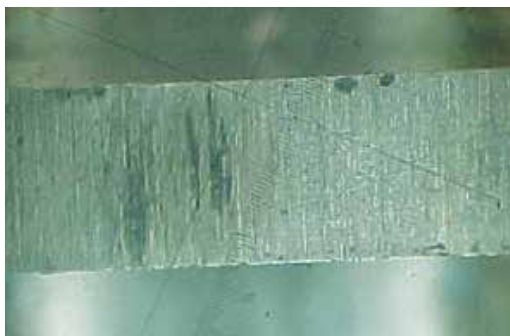


Fig. 3.6.3



Fig. 3.6.4





Fig. 3.6.5 Deslocamento da cobertura do anel

### 3.7 Outros fatores

#### 3.7.1 Brunimento

##### Aspecto

- Os anéis apresentam riscos na face de trabalho, principalmente os de primeiro canaleta (fig. 3.7.1).

##### Causas

- A principal causa está relacionada com a rugosidade do brunimento dos cilindros. A rugosidade elevada provocará desgaste e risco na face de trabalho do anel. A baixa rugosidade dificultará o assentamento dos anéis e reterá menos óleo lubrificante na parede dos cilindros.

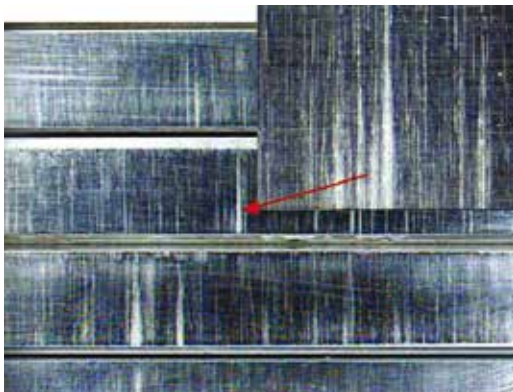


Fig. 3.7.1

##### Correções

- Efetuar a retífica do cilindro (brunimento), seguindo as recomendações da montadora/fabricante, respeitando o ângulo de inclinação e a rugosidade especificados.

#### 3.7.2 Adulteração dos anéis

##### Aspecto

- Os anéis de 1º, 2º e 3º canaletes apresentam evidências de adulteração nas pontas.

##### Causas

- O retrabalho das pontas dos anéis tem como principal objetivo diminuir o diâmetro externo dos mesmos, para adaptá-los em aplicações diferentes daquelas recomendadas pela montadora/fabricante. A alteração das características construtiva dos anéis é procedimento não recomendado pela MAHLE Metal Leve S. A., implicando na perda total da garantia.

##### Correções

- Não efetuar retrabalhos de nenhuma espécie nos anéis;
- Utilizar os anéis somente para as aplicações indicadas pela montadora/fabricante.

##### Anel de 1º Canaleta

Face/canto externo das pontas (figs. 3.7.2 a 3.7.2.3).

Ponta adulterada – esmerilhada, eliminando o chanfro externo/acabamento irregular

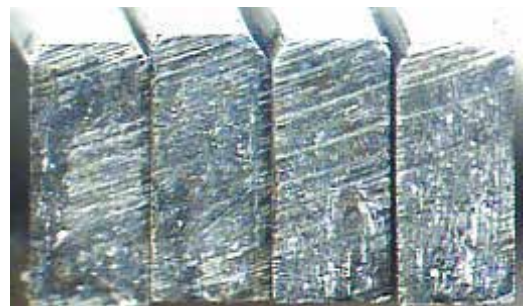


Fig. 3.7.2

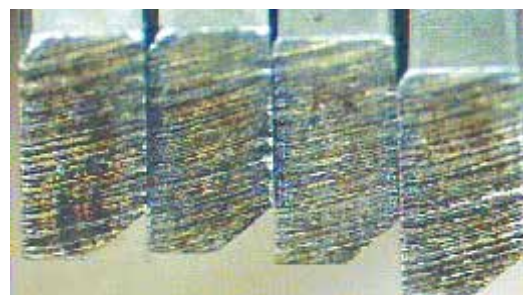


Fig. 3.7.2.2

Ponta sem adulteração – acabamento original, com o chanfro externo na face cromada



Fig. 3.7.2.1

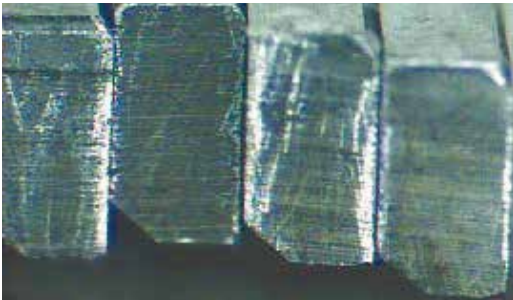


Fig. 3.7.2.3

### Anel de 2º Canaleta

Face das pontas (figs. 3.7.2.4 e 3.7.2.5).

Ponta adulterada – esmerilhada, ausência do fosfato/tratamento superficial

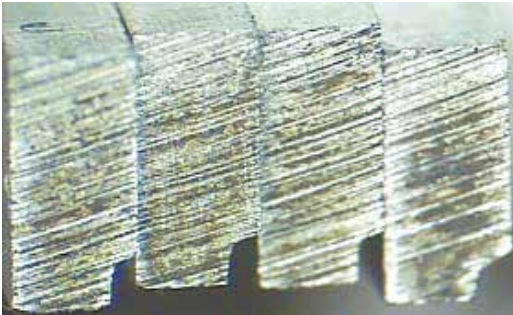


Fig. 3.7.2.4

Ponta sem adulteração – acabamento original, com o tratamento superficial

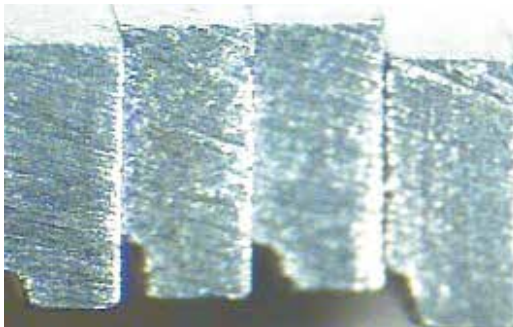


Fig. 3.7.2.5

### Anel de 3º Canaleta

Face das pontas (figs. 3.7.2.6 e 3.7.2.7).

Ponta adulterada – esmerilhada, ausência do fosfato/tratamento superficial

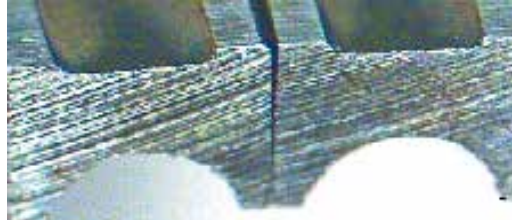


Fig. 3.7.2.6

Ponta sem adulteração – acabamento original, com o tratamento superficial

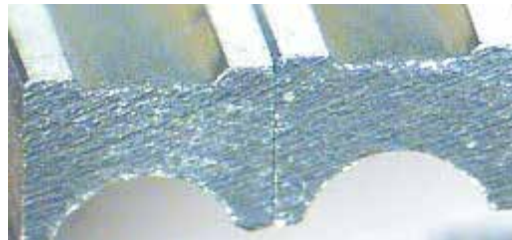


Fig. 3.7.2.7

Aspecto das pontas dos espaçadores (figs. 3.7.2.8 e 3.7.2.9).



Fig. 3.7.2.8 Adulteração em uma das pontas



Fig. 3.7.2.9 Forma e cores das pontas da mola nova (sem retrabalho)



FALHAS PREMATURAS EM CAMISAS

# CAMISAS



# Características normais de trabalho

As características das camisas apresentadas são normais de funcionamento, pois o desgaste do brunimento e os possíveis riscos são decorrentes de contaminação por corpo estranho durante o período de sua vida útil.



Camisa com características normais de funcionamento

## 4. Falhas prematuras em camisas por erros de montagem

### 4.1 Montagem da camisa com cola/adesivo

#### Aspectos

- A aparência visual indica a utilização de cola/adesivo no apoio da camisa no bloco.

#### Causas

A utilização de cola/adesivo, após a sua secagem, causa deformações não controladas na parede da camisa, podendo comprometer sua vida útil. As conseqüências podem ser:

- Ovalização;
- Deformações localizadas e não controladas, onde não ocorrerá a vedação do anel de compressão ou mesmo a raspagem do óleo lubrificante pelos anéis raspadores;
- Deformações localizadas e não controladas que poderão comprometer a folga entre o pistão e a saia, chegando ao engripamento;
- A cola/adesivo pode escorrer e obstruir os canais de lubrificação;
- Deficiência de apoio com o cabeçote (falta de perpendicularidade entre o apoio da camisa e o cabeçote).



Fig. 4.1 Camisa montada com cola na superfície de apoio com o cabeçote (lado superior da camisa)

#### Correções

- Seguir corretamente as recomendações da montadora/fabricante quanto à utilização ou não da cola/adesivo.



Fig. 4.1.1 Cola na região do colarinho da camisa





Fig. 4.1.2 Silicone na base inferior da camisa

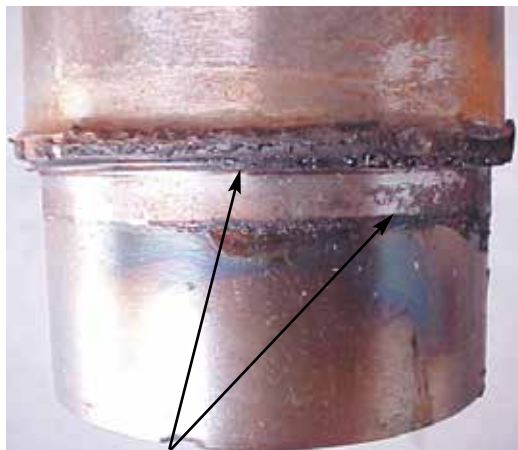


Fig. 4.1.3 Cola na região de apoio da camisa no bloco



Fig. 4.1.4 Camisa montada com cola na base inferior



Fig. 4.1.5 Apoio irregular da camisa com o cabeçote

## 5. Usinagem irregular do bloco e/ou cabeçote

### 5.1 Montagem da camisa com irregularidade do apoio

#### Aspecto

- A camisa apresenta fratura do colarinho e/ou deficiência de vedação com o cabeçote.

#### Causas

- Tanto em camisa seca como em molhada, é necessário respeitar as recomendações da montadora/fabricante no que se refere ao apoio da camisa no bloco. A existência de irregularidade no apoio faz com que ocorra uma distribuição irregular, em todo o diâmetro da camisa, das tensões criadas em função do torque aplicado nos parafusos de

fixação do cabeçote no bloco. Nos motores que trabalham com camisa seca, a pressão aplicada pela prensa acima do recomendado pela montadora/fabricante também provoca a fratura do "colarinho".

#### Correções

- Manter as dimensões do apoio da camisa no bloco, segundo as recomendações da montadora/fabricante;
- Seguir as recomendações da montadora/fabricante quanto ao procedimento de encamisamento;
- Usinar corretamente o apoio da camisa no cabeçote;

- Rebaixar a altura do cabeçote sem rebaixar o canal de alojamento do apoio da camisa no cabeçote (LIP), por exemplo, o cabeçote do motor Volvo TD-102 FS.



Fig. 5.1 e 5.1.1 Camisa molhada. Região do colarinho da camisa rompido e carbonizado



Fig. 5.1.2 e 5.1.3 Camisa seca. Região do colarinho da camisa carbonizado



Fig. 5.1.4 Região do colarinho da camisa carbonizado



Fig. 5.1.5 Apoio irregular entre a parte superior da camisa e o cabeçote

## 5.2 Montagem da camisa com irregularidade do bloco

### Aspecto

- Camisa seca com marcas irregulares de con-

tato do lado externo da camisa com o alojamento no bloco. Nos motores que trabalham com camisa molhada, engripamento e/ou deformação na região próxima ao alojamento dos anéis de vedação instalados no bloco.

### Causas

Nos motores que trabalham com **camisa seca**, as irregularidades existentes no alojamento no bloco, devido à usinagem ou não, podem provocar:

- Contato irregular da camisa com o alojamento, comprometendo a troca térmica entre os dois e, conseqüentemente, o engripamento entre o pistão e a camisa;
- O comprometimento da vedação dos anéis de segmento, com possível aumento de consumo de óleo lubrificante ou mesmo aumento de "Blow-by" (passagem dos gases) para o cárter.

Nos motores que trabalham com camisa molhada, as irregularidades no alojamento dos anéis de vedação O'ring ou mesmo o deslocamento do anel durante a instalação da camisa podem provocar:

- Comprometimento da folga entre o pistão e a camisa devido à deformação, com possível engripamento iniciando devido ao arraste de material da região da saia do pistão na região onde o anel é instalado no bloco, podendo posteriormente o engripamento se expandir para a região dos anéis. Se necessário, removê-la e reinstalá-la, eliminando deformações excessivas.



Fig. 5.2 Camisa com marcas da usinagem do bloco

### Correções

- Usinar o cilindro, seguindo as recomendações da montadora/fabricante que se referem à usinagem;
- Instalar a camisa, tanto seca como molhada, segundo as recomendações da montadora/fabricante;



- Após a instalação da camisa molhada no alojamento, medir o diâmetro interno com equipamento específico e registrar qualquer deformação da camisa.



Fig. 5.2.1 Marcas escuras no lado externo da camisa, identificando a falta de interferência com o alojamento



Figs. 5.2.2 e 5.2.3 Engripamento originado devido ao deslocamento do anel O'ring. Impureza no alojamento do anel O'ring na camisa



Fig. 5.2.4 Anel O'ring cortado durante a instalação da camisa no bloco

### 5.3 Lubrificação insuficiente/diluição do óleo lubrificante

#### Aspecto

- A diluição do óleo lubrificante existente na parte interna das camisas faz com que os anéis desgastem prematuramente o brunimento e provoca riscos verticais e marcas de engripamento com arraste de material.

#### Causas

- Bomba e bicos injetores com regulagem incorreta;
- Turbina;
- Projeção incorreta dos bicos injetores em relação ao cabeçote;
- Ponto incorreto de injeção/ignição;
- Comando torcido ou com os cames comprometidos;
- Carburador com regulagem incorreta;
- Amaciamento incorreto do motor.



Fig. 5.3 Camisa "espelhada" devido à rotação constante

#### Correções

- Regular bomba e bicos injetores, segundo recomendações da montadora/fabricante;
- Manter o ponto de injeção correto;
- Conferir o comando e os cames;
- Regular corretamente o carburador;
- Aplicar corretamente os componentes internos (pistões, camisas e anéis);
- Evitar rotações constantes do motor durante o período de amaciamento.



Figs. 5.3.1 e 5.3.2 Engripamento originado pela diluição do óleo lubrificante existente na parede do cilindro

## 6. Outros fatores

### 6.1 Corrosão – escamas – cavitação

#### Aspecto

- Pequenos furos e/ou formação de escamas.

#### Causas

- **Corrosão eletrolítica ou eletrólise** - resulta da decomposição química do metal devido à ação de pequenas correntes elétricas, que surgem quando dois metais diferentes, como o ferro e o cobre, entram em contato com a água. Esta corrente elétrica, apesar de fraca, com o tempo acaba atacando as paredes externas da camisa. Nos motores modernos, utiliza-se, abaixo do colarinho da camisa, um anel de latão, para que esta eletricidade passe para o bloco e deste para o chassi, através de um cabo terra;
- **Corrosão química** - é resultado, principalmente, do ataque do oxigênio presente na água ao ferro, de que são construídas as camisas, dando origem ao óxido de ferro ou à ferrugem. Este fenômeno é acelerado quando há maior presença de oxigênio na água, devido a falhas na vedação do sistema de arrefecimento, podendo haver penetração de ar através das mangueiras, conexões, tampas defeituosas, baixo nível de água, entre outros. A corrosão química também é acelerada por utilização de água não tratada, com presença de substâncias corrosivas, como a água ácida ou alcalina, ou ainda pela falta dos inibidores de corrosão recomendados pela montadora/fabricante do motor;
- **Formação de escamas** - estas escamas se formam devido a minerais contidos na água não tratada para o sistema de arrefecimento, que vão se depositando por sobre as paredes externas dos cilindros, quando aquecidos. As escamas acabam por formar uma barreira térmica que dificulta a transferência de calor, criando os chamados pontos

quentes, causadores de escoriações, desgastes na parede interna dos cilindros e engripamento dos anéis e pistões;

- **Cavitação** - as camisas, durante o funcionamento do motor, são submetidas a pulsações que são consequência da combustão e mistura ar/combustível no seu interior. Assim, quando ocorre a combustão, ocorre também a expansão da parede da camisa em frações de milímetro, devido à força dos gases em expansão contra as paredes internas. Após passada a expansão dos gases, as paredes do cilindro voltam às suas dimensões normais. Esta volta ocorre em um espaço de tempo muito curto; a água do sistema não tem tempo suficiente para preencher de imediato o espaço criado, originando minúsculas bolhas de vácuo que, ao implodirem junto à parede da camisa, arranca-lhe pequenas partículas de metal, perfurando-a.

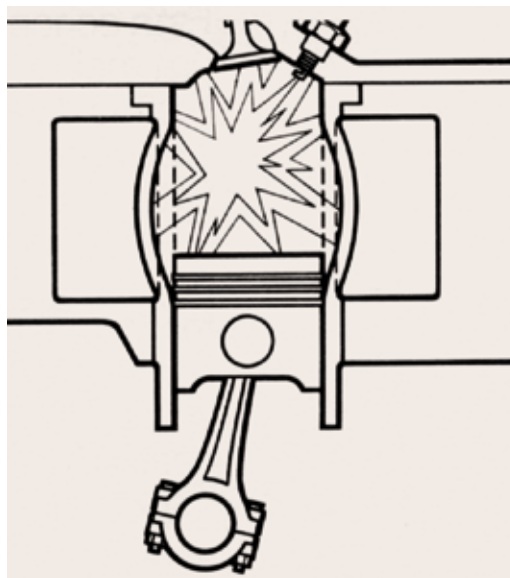


Fig. 6.1 Camisa em fase de expansão

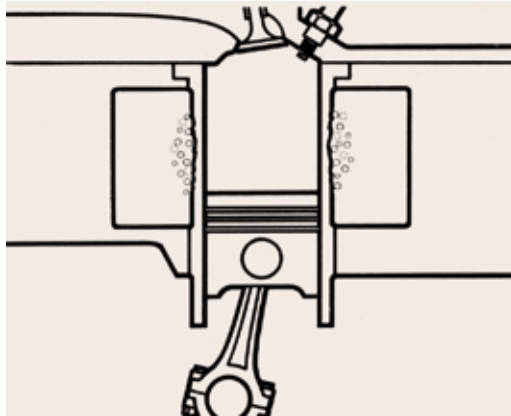


Fig. 6.1.1 Bolhas ao redor da camisa

### Correções

- Manter, em condições normais de funcionamento e compatível com o projeto do motor, todos os componentes do sistema de arrefecimento (tampa do reservatório e/ou radiador, mangueiras e mangotes, válvula termostática, válvula pressostática, bomba d'água, etc.);
- Utilizar sempre os aditivos inibidores de corrosão e anticongelantes, recomendados pela montadora/fabricante do motor;
- Manter o nível de água do reservatório e/ou radiador. Quando houver necessidade de completar o nível de água do sistema, seguir as recomendações da montadora/fabricante quanto à quantidade de aditivo a ser utilizado;
- Montar o motor, seguindo as recomendações da montadora/fabricante, quanto à alteração em pistões, sistema de injeção, ou mesmo através de qualquer outro artifício.



Fig. 6.1.2 Cavitação e escamas



Fig. 6.1.3 Cavitação sem corrosão



Fig. 6.1.4 Escamas



Fig. 6.1.5 Cavitação



Fig. 6.1.6 Cavitação

## 6.2 Expulsão da trava

### Aspecto

- A camisa apresenta marca interna provocada pelo contato com o pino.

### Causas

- Falta de paralelismo entre o centro do alojamento da bucha de biela e o centro do alojamento da bronzina na biela;
- Biela empenada e/ou torcida;
- Embielamento incorreto;
- Posicionamento incorreto do anel trava no alojamento;
- Conicidade do colo de biela do eixo virabrequim.

Estes fatores fazem com que ocorra desalinhamento e seja criada força lateral, e que a biela "empurre" o pino contra o anel trava. Quando o anel trava for expulso, o pino se deslocará até ter apoio na camisa. O anel trava expulso, com o movimento vertical de subida e descida do pistão, provocará desgaste da região (alumínio) até que consiga sair.



Fig. 6.2 Desgaste do pistão na região do cubo e topo provocado pela trava

### Correções

- Manter o paralelismo entre o centro do alojamento da bucha e o centro do alojamento da bronzina na biela;
- Embielar o pistão, segundo a recomendação da montadora/fabricante;
- Instalar e posicionar corretamente o anel trava no alojamento;
- Retificar o eixo virabrequim e manter os colos dentro dos padrões recomendados pela montadora/fabricante.



Fig. 6.2.1 Marca provocada pelo deslocamento do pino após a expulsão da trava

## 6.3 Contaminação por abrasivo

### Aspecto

- A camisa apresenta desgaste excessivo na região superior.

### Causas

- Filtro do ar obstruído e/ou danificado, ou válvula de segurança inoperante;
- Mangueira e/ou mangote de admissão de ar danificados;
- Limpeza incorreta dos cilindros quando da montagem do motor;
- Alojamento do filtro do ar deformado ou amassado e com má vedação.

### Correções

- Substituir sempre o filtro, segundo a recomendação da montadora/fabricante quanto à manutenção do mesmo;
- Inspeccionar periodicamente os mangotes e as mangueiras de ar;
- Efetuar a limpeza correta dos cilindros.



Fig. 6.3 Desgaste e risco provocados por partículas sólidas admitidas para dentro do cilindro



FALHAS PREMATURAS EM BRONZINAS

# BRONZINAS



# Características normais de trabalho

A maior parcela de desgaste normal de uma bronzina ocorre quando da partida do motor ou no início da operação, após o que o desgaste continua, mas em ritmo bastante reduzido. Se efetuada uma manutenção preventiva adequada, apenas as partículas de dimensões reduzidas, não retidas no filtro de óleo, estarão presentes no processo de abrasão da superfície da bronzina. Nessa condição, as bronzinas devem ter uma vida consideravelmente longa.

A maior evidência de que o tempo de vida útil da bronzina foi ultrapassada é o aparecimento de ruídos no motor ('rajadas') e uma diminuição da pressão do óleo lubrificante.

O desgaste normal é, comumente, indicado por

pequena quantidade de riscos na superfície da bronzina, provocados por partículas estranhas não retidas pelo filtro. Esses riscos não representam problemas, desde que a liga-base não seja atingida, sendo que, com a operação contínua, o desaparecimento desses riscos ainda pode ocorrer.



## 7. Falhas prematuras em bronzinas por mau funcionamento

### 7.1 Corrosão

#### Aspecto

- A aparência típica da ocorrência de corrosão é identificada pela formação de compostos escuros e pequenas cavidades ("pits") na superfície da bronzina.

#### Causas

- Corrosão é um ataque químico sobre a liga das bronzinas por compostos existentes no lubrificante. Tais compostos podem ser estranhos ao sistema de lubrificação, como no caso a água, ou podem ser produzidos durante a operação, como resultado da oxidação de óleo lubrificante. A ação nociva que se desenvolve quando uma bronzina opera em meio corrosivo pode ocasionar a remoção direta de um ou mais elementos de

liga ou a formação de frágeis óxidos sobre a superfície de deslizamento.

No primeiro caso, o metal atacado é removido da matriz, tornando-a frágil com respeito à capacidade de carga, ocorrendo a fadiga. Igualmente, uma película frágil de óxido na superfície de deslizamento pode ser removida por fadiga ou mesmo por erosão, dada a dificuldade desta superfície de incrustar partículas estranhas.

A indústria de óleos lubrificantes tem desenvolvido aditivos que inibem a oxidação do óleo por um prolongado tempo de serviço, tornando esse tipo de falha bastante minimizado, mas não de todo eliminado. O calor gerado na operação acelera o processo de oxidação, bem

como a exposição ao ar, à água ou a outros materiais estranhos no óleo, incluindo certos metais que podem atuar como catalizadores. Outros fatores contribuintes incluem a passagem de gases para o cárter ("blow-by") e a queima de combustível contendo alto teor de enxofre, com a possibilidade, inclusive, da formação de ácidos inorgânicos.



Fig. 7.1

#### Correções

- Troca de óleo dentro do prazo especificado pela montadora/fabricante;
- Caso seja observado que a corrosão tenha sido provocada por passagem de gases para o cárter ("blow-by"), efetuar a troca dos anéis e retificar o motor, se necessário.



Fig. 7.1.1

Fig. 7.1.2

### 7.2 Fragilidade a quente ("hot short")

#### Aspecto

- Grandes áreas da camada antifricção da bronzina são arrancadas, ficando exposta à capa de aço.

#### Causas

- Quando uma bronzina em operação se aquece acima da temperatura de fusão do



Fig. 7.2

chumbo (326°C) ou estanho (231°C) e está sujeita ao esforço de arraste considerável do atrito com o eixo, o material antifricção da mesma assume a condição de fragilidade a quente. Sob essa condição, pode ocorrer uma movimentação do chumbo, separando-se do cobre, e a camada superficial perderá a aderência com a capa de aço, provocando, conseqüentemente, o destaque do material. A condição de fragilidade a quente é provocada por uma elevação excessiva de calor em alguma área da bronzina. O calor excessivo pode ser devido à insuficiência de folga radial, às impurezas, à deformação dos colos do virabrequim ou, ainda, ao desalinhamento do bloco e/ou virabrequim.

#### Correções

- Montar as bronzinas com a folga recomendada pela montadora/fabricante;
- Na troca de óleo, observar o máximo de limpeza e na montagem do motor, retirar todos os resíduos de usinagem e outras sujeiras existentes;
- Antes da montagem de novas bronzinas, fazer uma inspeção dimensional cuidadosa dos colos do virabrequim;
- Verificar o alinhamento do bloco e do virabrequim.



Fig. 7.2.1

### 7.3 Fadiga generalizada

#### Aspecto

- A superfície da bronzina apresenta áreas irregulares de onde se destacou o material antifricção.





Fig. 7.3

### Causas

- Os danos por fadiga podem ser causados por esforço anormal e cíclico, ou seja, picos de carga (fig. 7.3.1).

As fraturas por fadiga são iniciadas por cargas excessivas, propagando-se perpendicularmente à superfície da bronzina. Antes de alcançar a linha de ligação entre a liga da bronzina e o material suporte (aço), a fratura muda de direção, propagando-se paralelamente à linha de ligação.

Essas fraturas podem chegar a se unir, provocando o desprendimento do material da bronzina. Um dos tipos mais comuns de fadiga ocorre na sobrecamada de bronzinas trimetálicas, onde as fraturas, após a penetração perpendicular, propagam-se paralelamente à barreira de níquel, ocasionando a remoção da mesma em áreas reduzidas (fig. 7.3.2).

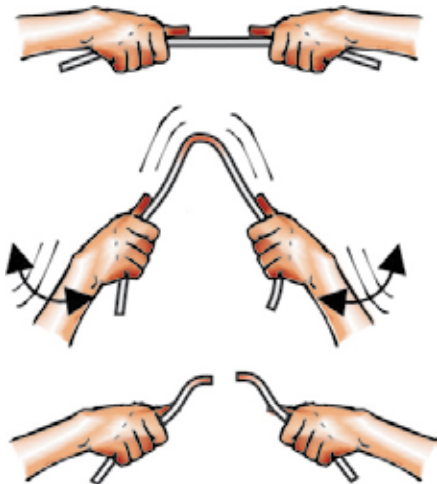


Fig. 7.3.1 Fadiga

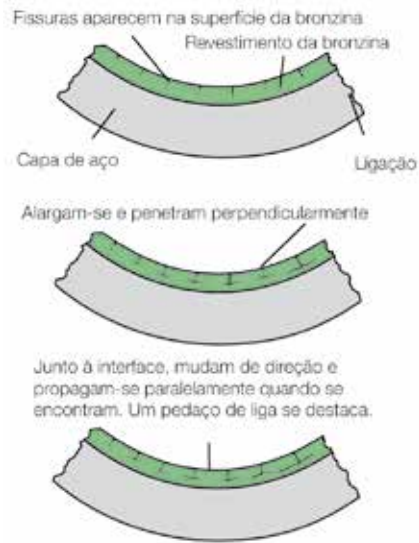


Fig. 7.3.2

### Correções

- Se a durabilidade da bronzina foi menor que a prevista, verificar as condições de temperatura e carga em que trabalhou o motor, eliminando os defeitos que houverem;
- Evitar sobrecargas operacionais do motor, observando as recomendações da montadora/fabricante.



Fig. 7.3.3 Ampliação - 350

## 7.4 Insuficiência de óleo na bronzina

### Aspecto

- Quando uma bronzina falha por insuficiência ou diluição do óleo lubrificante, a sua superfície de trabalho pode tornar-se brilhante (fig.7.4.2). No caso de falta completa de lubrificação, apresenta desgaste excessivo pelo arrastamento de material pelo eixo no contato da superfície de deslizamento da bronzina com o colo do virabrequim.

### Causas

A insuficiência ou a diluição do filme de óleo



Fig. 7.4

lubrificante entre a bronzina e o eixo, que ocasiona o desgaste da camada eletrodepositada, é normalmente provocada por:

- Folga vertical insuficiente;
- Diluição do óleo lubrificante;
- Motor trabalhando em marcha lenta por longos períodos.

A falta de óleo lubrificante, que ocasiona um contato metal-metal da bronzina com o colo do virabrequim, com desgaste excessivo pelo arrastamento do material antifricção, é normalmente provocada por:

- Galerias de óleo parcialmente obstruídas;
- Escolha incorreta de submedida da bronzina;
- Montagem invertida das bronzinas centrais (parte inferior no lugar da superior);
- Mau funcionamento da bomba de óleo ou da válvula de alívio.



Fig. 7.4.1

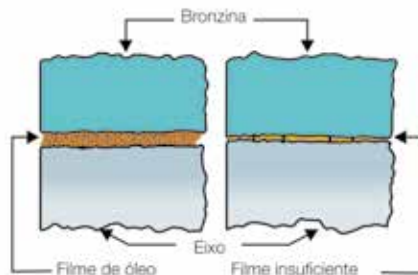


Fig. 7.4.2 Insuficiência de óleo na bronzina

#### Correções

- Verificar as dimensões dos colos para a escolha correta das novas bronzinas;
- Retificar os colos do virabrequim, caso seja necessário;

- Verificar o bom funcionamento da bomba de óleo e da válvula de alívio. Caso seja necessário, recondiçioná-las ou trocá-las;
- Observar se os furos de óleo das bronzinas estão alinhados com os existentes no bloco do motor e nas bielas;
- Evitar o funcionamento do motor na marcha lenta por períodos prolongados;
- Verificar a diluição do óleo lubrificante por combustível ou líquido de arrefecimento.

#### 7.5 Erosão por cavitação

##### Aspecto

- Algumas regiões da superfície da bronzina ficam erodidas. Em algumas ocasiões, a erosão pode atravessar todo o material da liga da bronzina e chegar até a capa de aço.



Fig. 7.5

##### Causas

- A erosão por cavitação é um tipo de dano causado pela explosão instantânea de bolhas de vapor de óleo à baixa pressão na superfície da liga antifricção da bronzina. As cargas em uma bronzina do motor flutuam rapidamente, tanto em intensidade como em direção, durante o ciclo de trabalho do motor. Isso ocasiona mudanças rápidas na pressão hidrodinâmica do filme de óleo na bronzina.

A mudança de pressão é mais pronunciada a cada tempo do motor em que ocorre uma deformação relativamente grande entre a bronzina e o colo correspondente.

A erosão da bronzina também pode ser causada pela alta velocidade do fluxo de óleo nos furos do virabrequim e pela variação do fluxo

em descontinuidades da superfície da mesma, como rebaixos, canais e cantos vivos.

A erosão por cavitação nas bronzinas pode ser dividida em quatro grupos principais:

- **Erosão por cavitação de sucção** - ocorre por trás do movimento do eixo;
- **Erosão por cavitação de descarga** - ocorre à frente do movimento do eixo;
- **Erosão por cavitação de fluxo;**
- **Erosão por cavitação de impacto.**

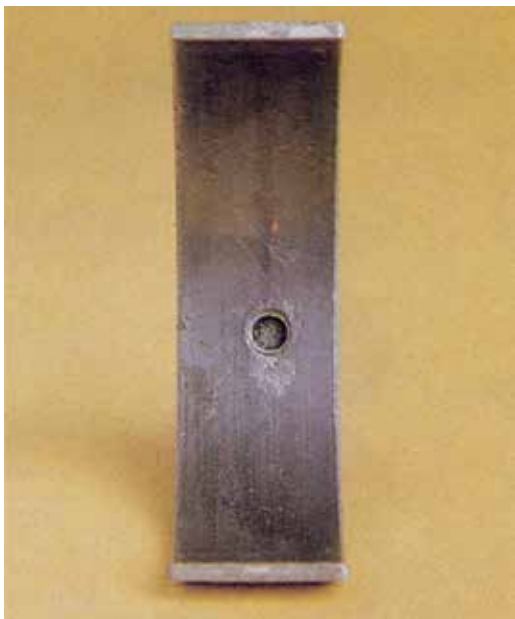


Fig. 7.5.1

#### Correções

- Usar óleo lubrificante com viscosidade recomendada para o motor;
- Verificar a pressão do óleo;
- Evitar contaminação do óleo lubrificante;
- Verificar a folga de montagem.

#### 7.6 Folga excessiva

##### Aspecto

- A peça apresenta riscos provocados por partículas e deformação/migração da liga antifricção para a região próxima à borda lateral da bronzina.

##### Causas

- As medidas dimensionais dos moentes ou munhões estando abaixo da medida mínima recomendada, assim como o diâmetro do alojamento das bronzinas estando acima do

diâmetro máximo recomendado, proporcionarão folga de óleo lubrificante acima da máxima permitida. A folga excessiva não gera sustentação hidrodinâmica do eixo. Desta maneira, há contato do eixo com a superfície da bronzina, podendo ocasionar fusão e deformação superficial da liga antifricção da bronzina (figs. 7.6 a 7.6.3).

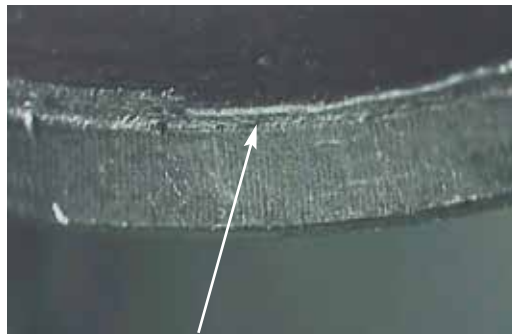


Fig. 7.6 Escoamento da liga

#### Correções

- Conferir as medidas do diâmetro dos mancais, bielas e colos dos moente e munhão do eixo virabrequim;
- Aplicar sempre o torque correto nos parafusos e substituí-los sempre que recomendado pela montadora/fabricante;
- Utilizar óleo lubrificante adequado ao motor e recomendado pela montadora/fabricante.

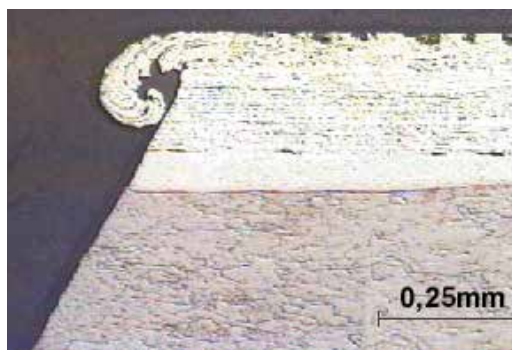


Fig. 7.6.1 Escoamento da liga (foto ampliada)



Fig. 7.6.2 Escoamento da liga



Fig. 7.6.3 Escoamento da liga



## 8. Falhas prematuras em bronzinas por erros de montagem



Fig. 8.1

### 8.1 Folga axial (longitudinal) insuficiente

#### Aspecto

- Desgaste excessivo na lateral do flange e numa região da superfície interna da bronzina, no lado de maior carga axial, enquanto que o outro lado encontra-se com aspecto normal de funcionamento. Nas áreas do desgaste, há fusão e desprendimento da liga antifricção.

#### Causas

- Uma folga insuficiente provocada por montagem incorreta ou por colocação incorreta do disco e do platô, que forçam o virabrequim contra o flange da bronzina a tal ponto que, pelo atrito gerado e pela falta da formação do filme de óleo, há uma elevação de temperatura a níveis onde o chumbo presente na liga se separa do cobre, com conseqüente danificação total dessas áreas.

#### Correções

- Obedecer a folga de montagem especificada pela montadora/fabricante;
- Verificar a colocação correta dos elementos de ligação entre o motor e o câmbio.



Fig. 8.1.1



Fig. 8.1.2 Flange totalmente desgastado



Fig. 8.1.3 Flange do lado dianteiro da bronzina sem desgaste e do lado traseiro com desgaste

### 8.2 Impurezas sólidas

#### Aspecto

- Partículas estranhas ficam impregnadas na liga antifricção, provocando deslocamento do material. Pode-se encontrar também riscos na superfície da bronzina.



Fig. 8.2

### Causas

- Poeira, sujeira, abrasivos ou partículas metálicas presentes no óleo inkrustam-se na superfície da bronzina, deslocando a liga antifricção. As saliências, da liga ou da partícula, podem tocar no eixo, criando pontos de atrito localizados e provocando o rompimento do filme de óleo (fig. 8.2.3).

As impurezas podem provir da limpeza incorreta do motor antes ou durante a montagem. Pode ocorrer também falha de funcionamento pelo desgaste de partes metálicas.

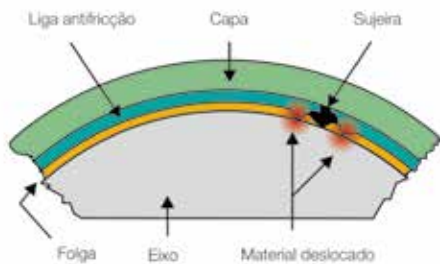


Fig. 8.2.3 Impurezas sólidas

### Correções

- Instalar novas bronzinas, seguindo cuidadosamente as instruções de limpeza recomendadas;
- Retificar o eixo, caso seja necessário;
- Recomendar que o operador troque o óleo e o respectivo filtro, periodicamente, nos intervalos recomendados pela montadora/fabricante do motor e mantenha limpos o filtro do ar e o respiro do cárter.

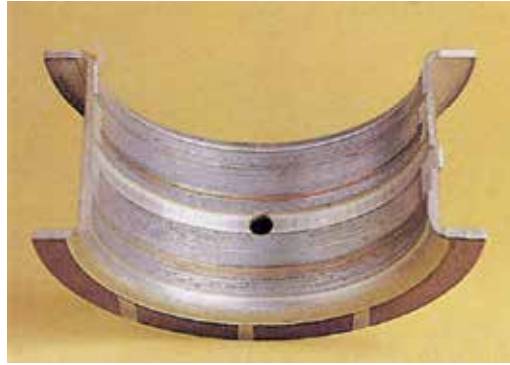


Fig. 8.2.1

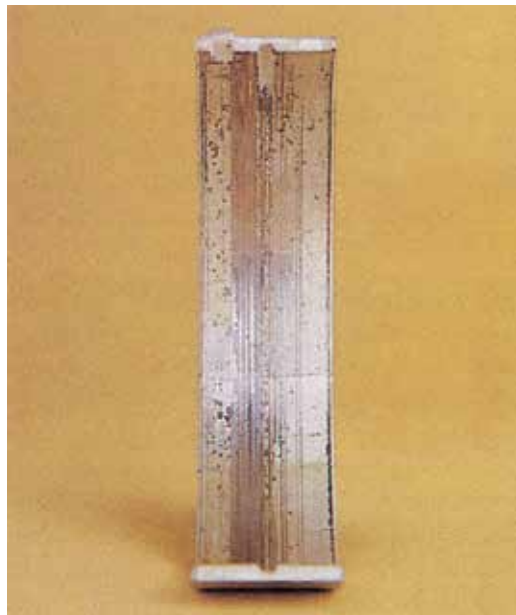


Fig. 8.2.2



Fig. 8.2.4 Bronzinas de mancal contaminadas e com riscos circunferenciais



Fig. 8.2.5 Foto ampliada do canal aberto pelo corpo sólido estranho na bronzina



Fig. 8.2.6 Bronzinas de biela contaminadas e com riscos circunferenciais



Fig. 8.2.7 Foto ampliada dos riscos e dos corpos estranhos na bronzina



Fig. 8.2.8 Bronzinas de biela contaminadas e com riscos circunferenciais na direção do furo de lubrificação



Fig. 8.3

### 8.3 Sujeira no alojamento

#### Aspecto

- Área localizada de desgaste na superfície da liga, correspondendo a uma marca provocada pela presença de partícula estranha nas costas da bronzina.



Fig. 8.3.1

#### Causas

- Partículas entre o alojamento e a bronzina impedem o contato adequado e dificultam o fluxo de calor. O aquecimento e as cargas localizadas provocam a fadiga nessa área e o material se destaca (fig. 8.3.2).

#### Correções

- Limpar cuidadosamente o alojamento, retirando todas as rebarbas, as sujeiras ou as partículas sólidas, antes de instalar novas bronzinas;
- Examinar o estado dos colos e retificá-los, caso seja necessário.

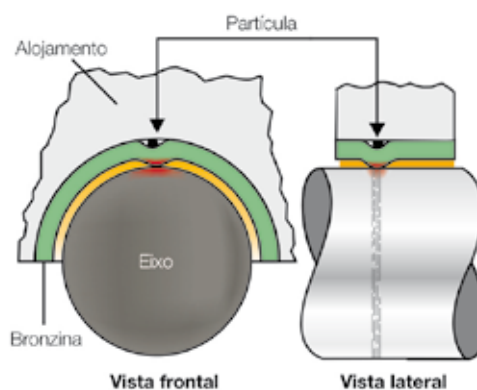


Fig. 8.3.2 Sujeira no alojamento

### 8.4 Alojamento ovalizado

#### Aspecto

- Áreas de desgaste excessivo próximas às linhas de partição da bronzina.





Fig. 8.4

### Causas

- As flexões da biela devido às cargas alternadas podem produzir a ovalização do alojamento. As bronzinas tendem a adquirir essa forma, resultando, daí, uma superfície interna não-cilíndrica. A folga próxima da linha de partição pela deformação do alojamento fica muito reduzida, podendo haver contato metálico da liga antifricção com o colo do eixo (fig. 8.4.1).

### Correções

- Examinar a circularidade do alojamento da bronzina e se estiver fora das especificações, recondicionar o mesmo ou trocar a biela;
- Examinar o colo do eixo, retificando-o caso seja necessário.

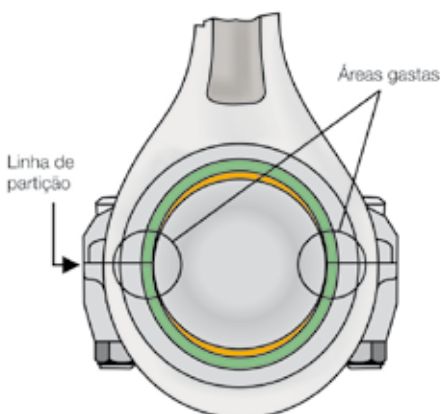


Fig. 8.4.1 Alojamento ovalizado

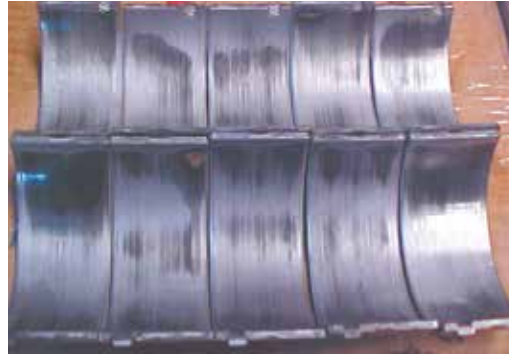


Fig. 8.4.2 Marcas de contato do eixo virabrequim com a bronzina

### 8.5 Altura de encosto insuficiente



Fig. 8.5

### Aspecto

- Áreas brilhantes (polidas) são visíveis nas costas da bronzina e, em alguns casos, também na superfície da partição.

### Causas

- O aperto insuficiente não permite que se estabeleça a pressão radial que retém a bronzina no alojamento.

O contato é inadequado, a condução do calor é dificultada e, ao mesmo tempo, o atrito adicional provocado pela pulsação da bronzina aumenta o calor gerado (fig. 8.5.3). As causas para uma altura de encosto serem insuficientes são:

- Limagem na superfície de partição da bronzina;
- Capa afastada por sujeira ou rebarba na superfície de partição;
- Torque insuficiente;
- Parafuso encostando no fundo de um furo não-passante;

- Alojamento da bronzina com o diâmetro acima do especificado.

#### Correções

- Limpar as superfícies de partição antes de apertar os parafusos;
- Examinar as dimensões e o estado dos alojamentos, recondicionando-os, caso seja necessário;
- Aplicar, no aperto dos parafusos ou das porcas, o torque recomendado pela montadora/fabricante.



Fig. 8.5.1



Fig. 8.5.2

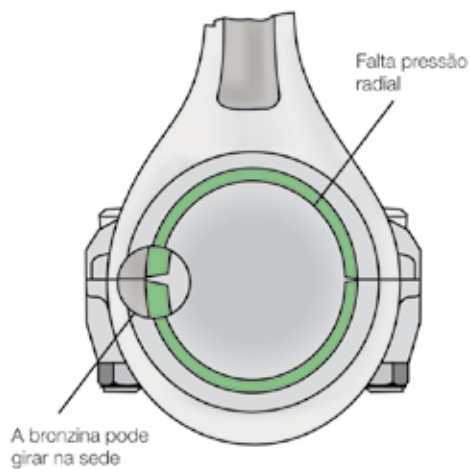


Fig. 8.5.3 Altura de encosto insuficiente

#### 8.6 Altura de encosto excessiva



Fig. 8.6

#### Aspecto

- Áreas de desgaste excessivo junto à linha de partição, em uma das bronzinas ou em ambas.

#### Causas

- Quando se coloca a bronzina no alojamento, ela fica saliente na linha de partição (altura de encosto). Ao se apertar os parafusos da capa, as bronzinas serão forçadas contra o alojamento, garantindo um bom contato.

Existindo o excesso de altura de encosto, a força radial que se desenvolve pode provocar a flambagem da bronzina próximo à linha de partição (fig. 8.6.1).

São causas comuns:

- Superfície de partição do alojamento usinada;
- Torque excessivo (aperto).

#### Correções

- Se tiver sido usinada a superfície de partição da capa, do bloco ou da biela, reusinar o alojamento para se obter uma circularidade perfeita;
- Verificar, com o emprego do Azul da Prússia ou com outro processo adequado (súbito, etc.), se a ovalização está dentro dos valores permitidos, depois de ter dado o aperto correto nos parafusos da capa com a chave de torque;
- Aplicar, no aperto dos parafusos ou das porcas, o torque recomendado pela montadora/fabricante.

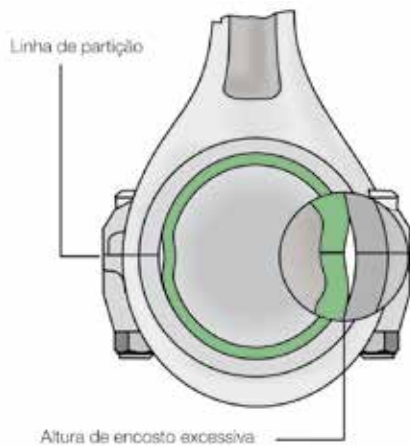


Fig. 8.6.1 Altura de encosto excessiva

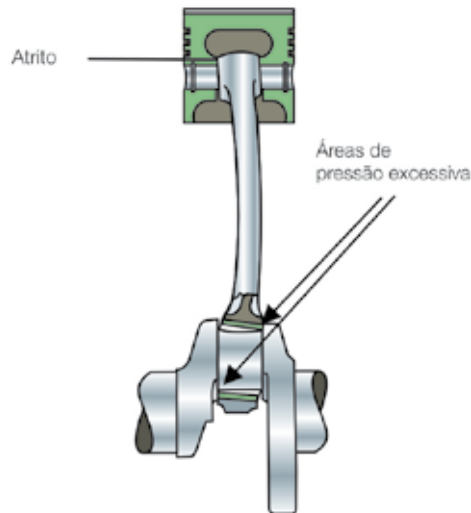


Fig. 8.7.1 Biela empenada

## 8.7 Biela empenada ou torcida

### Aspecto

- Áreas de desgaste excessivo nos lados diagonalmente opostos de cada bronzina.



Fig. 8.7

### Causas

- Numa biela empenada ou com torção, os alojamentos estão desalinhados, originando áreas de elevadas pressões e até contato metal-metal entre a bronzina e o colo do virabrequim. O empenamento da biela pode ocorrer por introdução forçada do pino, aperto dos parafusos das capas com a biela fixada incorretamente na morsa ou por calço hidráulico (fig. 8.7.1).

### Correções

- Examinar a biela e caso seja necessário, substituí-la;
- Evitar esforços de torção na biela.

## 8.8 Capa deslocada

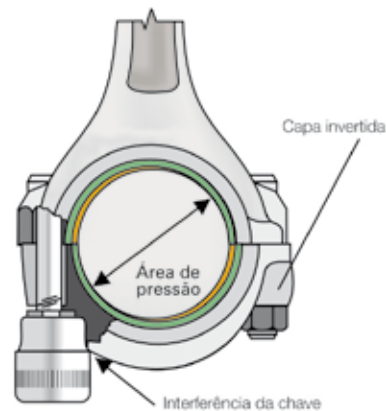


Fig. 8.8 Capa deslocada

### Aspecto

- Áreas de desgaste excessivo nos lados diametralmente opostos de cada bronzina próximas à linha de partição.

### Causas

A capa do mancal foi deslocada, forçando um lado de cada bronzina contra o eixo (fig. 8.8). Isso pode acontecer devido às seguintes causas:

- Uso de chave inadequada para o aperto dos parafusos;
- Inversão da capa;
- Furos, pinos ou outros sistemas de centralização das capas alterados;
- Eixo virabrequim com o centro deslocado durante o procedimento de usinagem;
- Reaproveitamento dos parafusos de biela e/ou mancal.



### Correções

- Escolher a chave adequada e apertar alternadamente os parafusos para perfeito assentamento da capa;
- Certificar-se de que a posição da capa está correta;
- Verificar se o sistema de centragem das capas não está alterado ou danificado e substituí-lo, caso seja necessário;
- Substituir os parafusos de biela e/ou mancal, conforme a recomendação da montadora/fabricante do motor;
- Usinar o eixo virabrequim dentro das especificações da montadora/fabricante.



Fig. 8.8.1



Fig. 8.8.2 Desgaste prematuro



Fig. 8.8.3 Desgaste prematuro

### 8.9 Virabrequim deformado

#### Aspecto

- Uma faixa de desgaste bem definida pode ser observada no conjunto de bronzinas centrais superiores ou no conjunto das inferiores.

O grau de desgaste varia de bronzina para bronzina, mas geralmente, na do meio, ele é bem mais acentuado.

#### Causas

- O virabrequim deformado submete as bronzinas centrais a cargas excessivas, sendo as pressões máximas obtidas nos pontos de maior distorção.

Nestes pontos, a folga também se reduz e pode haver contato metal-metal entre a bronzina e o colo do virabrequim (fig. 8.9).

O virabrequim pode se deformar devido ao manuseio inadequado, à armazenagem incorreta ou às condições operacionais extremas.

#### Correções

- Verificar se o eixo está deformado através de um processo adequado;
- Desempenar o virabrequim.

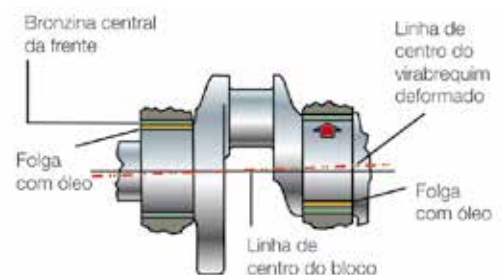


Fig. 8.9 Virabrequim deformado

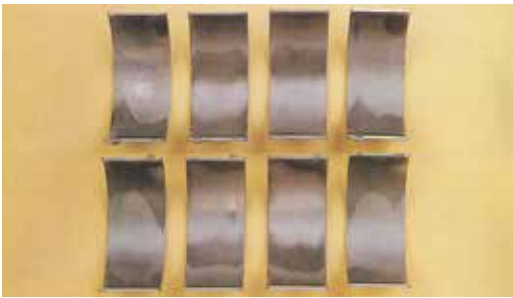


Fig. 8.9.1

### 8.10 Bloco deformado

#### Aspecto

- Uma faixa de desgaste bem definida pode ser observada no conjunto de bronzinas centrais superiores ou no conjunto das inferiores.

O grau de desgaste varia de bronzina para bronzina, mas geralmente, na do meio, ele é bem acentuado.

#### Causas

O aquecimento e o resfriamento brusco do motor é uma das causas da distorção dos blocos, quando ele opera sem válvula termostática. A deformação do bloco pode também ser causada por:

- Condições desfavoráveis de uso (por exemplo, sobrecarga operacional do motor);
- Procedimentos de aperto incorreto dos parafusos do cabeçote (fig. 8.10.2).

#### Correções

- Determinar a existência de deformação através de um processo adequado;
- Realinhar (mandrilar) os alojamentos;
- Instalar válvula termostática.

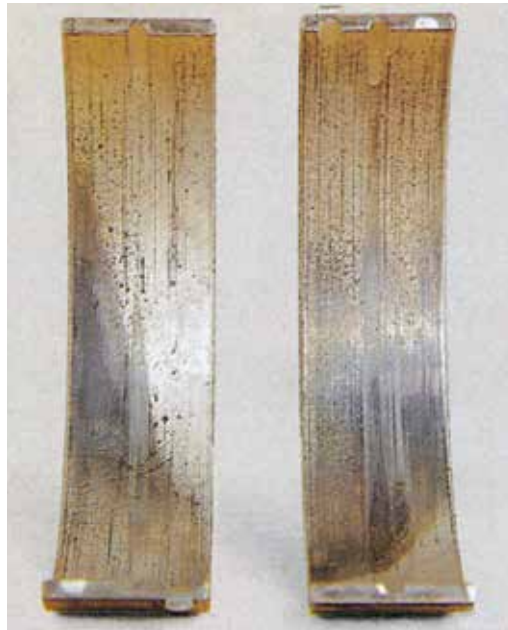


Fig. 8.10

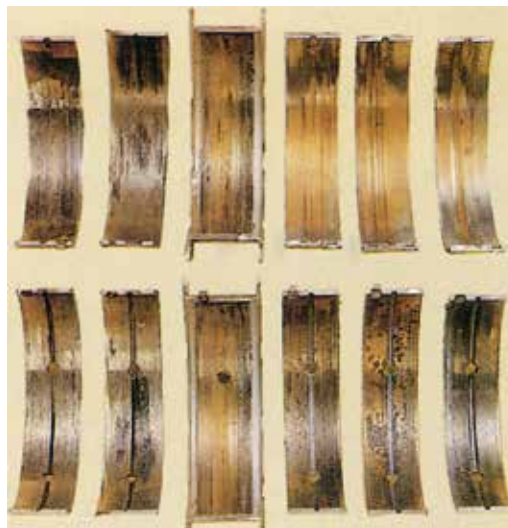


Fig. 8.10.1

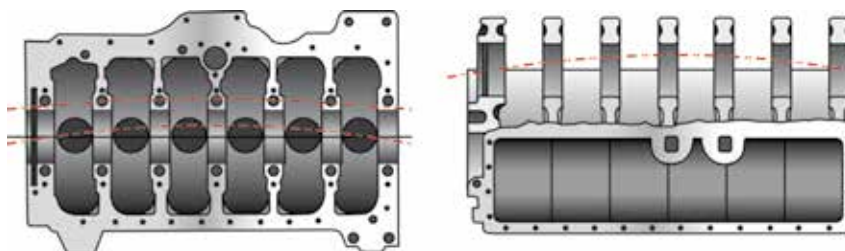


Fig. 8.10.2 Bloco deformado



Fig. 8.10.3 Marcação irregular da bronzina

### 8.11 Colos não-cilíndricos

#### Aspecto

- Faixa de desgaste desigual na bronzina. De acordo com as regiões que ficam submetidas a maiores pressões, distinguem-se três aspectos principais que correspondem respectivamente aos defeitos de forma dos colos ilustrados (fig. 8.11 - A, B e C).

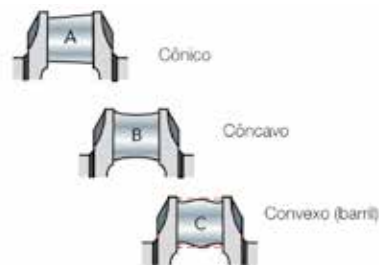


Fig. 8.11 Colos não-cilíndricos

#### Causas

- Colos não-cilíndricos impõem uma distribuição irregular de cargas na superfície da bronzina gerando, em certas áreas, maior quantidade de calor e acelerando o desgaste. As folgas poderão tornar-se insuficientes e haver contato metal-metal entre a bronzina e o colo do virabrequim.

Em outros casos, as folgas serão excessivas. Os perfis cônico, côncavo ou convexo (barril) dos colos do virabrequim e, ainda, a conicidade do alojamento da bronzina na biela são sempre devido à retificação incorreta.

#### Correções

- Retificar corretamente os colos e os alojamentos.



Fig. 8.11.1



Fig. 8.11.2



Fig. 8.11.3



Fig. 8.11.4



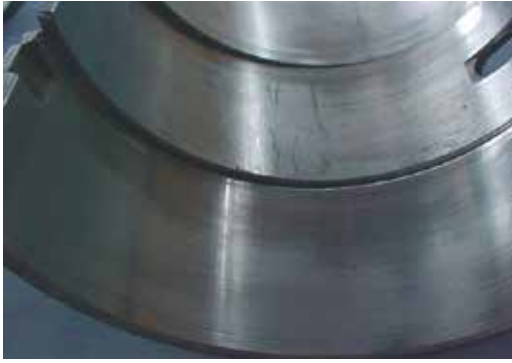


Fig. 8.11.5



Fig. 8.11.6

### 8.12 Raio de concordância incorreto

#### Aspecto

- Áreas de desgaste excessivo ao longo das superfícies laterais da bronzina.

#### Causas

- Raios de concordância dos colos incorretos, ocasionando o contato metal-metal ao longo das superfícies laterais da bronzina (fig.8.12). Isso leva a um desgaste excessivo e a uma fadiga prematura localizada.

#### Correções

- Retificar os colos, tomando o cuidado de executar os raios com a curvatura correta;
- Não deixar canto vivo, porque enfraquecerá o eixo pela concentração de tensões em área já muito solicitada.

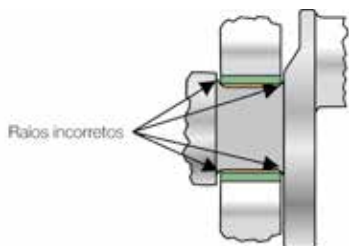


Fig. 8.12 Raio de concordância incorreto



Fig. 8.12.1

### 8.13 Torque incorreto e aplicação de cola/adesivo



Fig. 8.13 Cola/adesivo no canal de lubrificação externa da bronzina

#### Aspecto

- A peça apresenta-se amassada na região de bipartição da carcaça, e com o canal externo de lubrificação parcialmente obstruído com cola/adesivo.

#### Causas

- O torque aplicado nos prisioneiros/parafusos de fixação do bloco, quando excede o especificado pela montadora/fabricante, provoca a deformação e, conseqüentemente, o contato metal-metal. Este contato gera calor suficiente para iniciar a fusão do material e seu arraste. Outro fator que leva à fusão é a obstrução parcial por cola/adesivo dos canais externos de lubrificação (fig. 8.13).

O posicionamento incorreto/deslocamento da trava também provocará deformação na peça, comprometendo a folga de óleo (fig. 8.13.1).

#### Correções

- Aferir/revisar periodicamente o torquímetro;
- Aplicar o torque recomendado pela montadora/fabricante;
- Montar o motor seguindo as recomendações da montadora/fabricante referentes à utilização ou não de cola/adesivo.



Fig. 8.13.1 Marca do pino na parte externa da bronzina

## 9. Montagem incorreta por falta de atenção

- As bronzinas não funcionarão adequadamente se não forem montadas de maneira correta ou se sofrerem alterações de seu projeto. A montagem incorreta quase sempre provoca uma falha prematura da bronzina.

As figuras abaixo mostram os erros mais comuns de montagem.

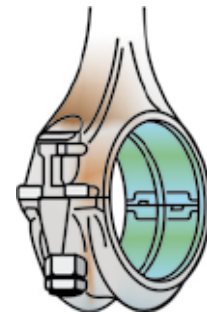


Fig. 9.1 Capas invertidas ou trocadas

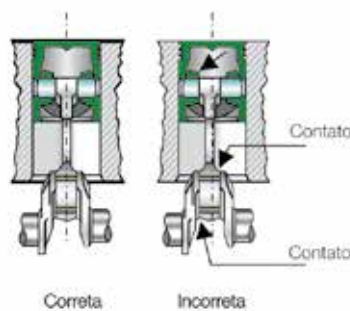


Fig. 9 Biela assimétrica

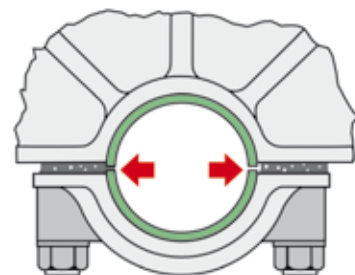


Fig. 9.2 Calços impróprios

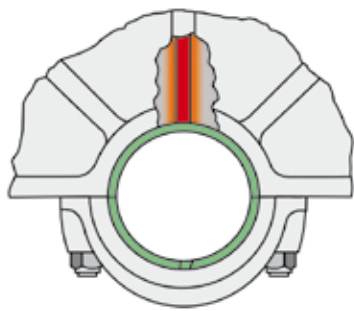


Fig. 9.3 Bronzinas trocadas

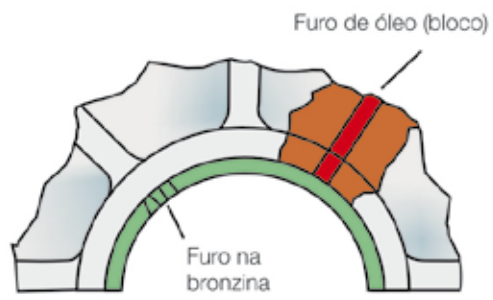


Fig. 9.5 Furo de óleo não alinhado



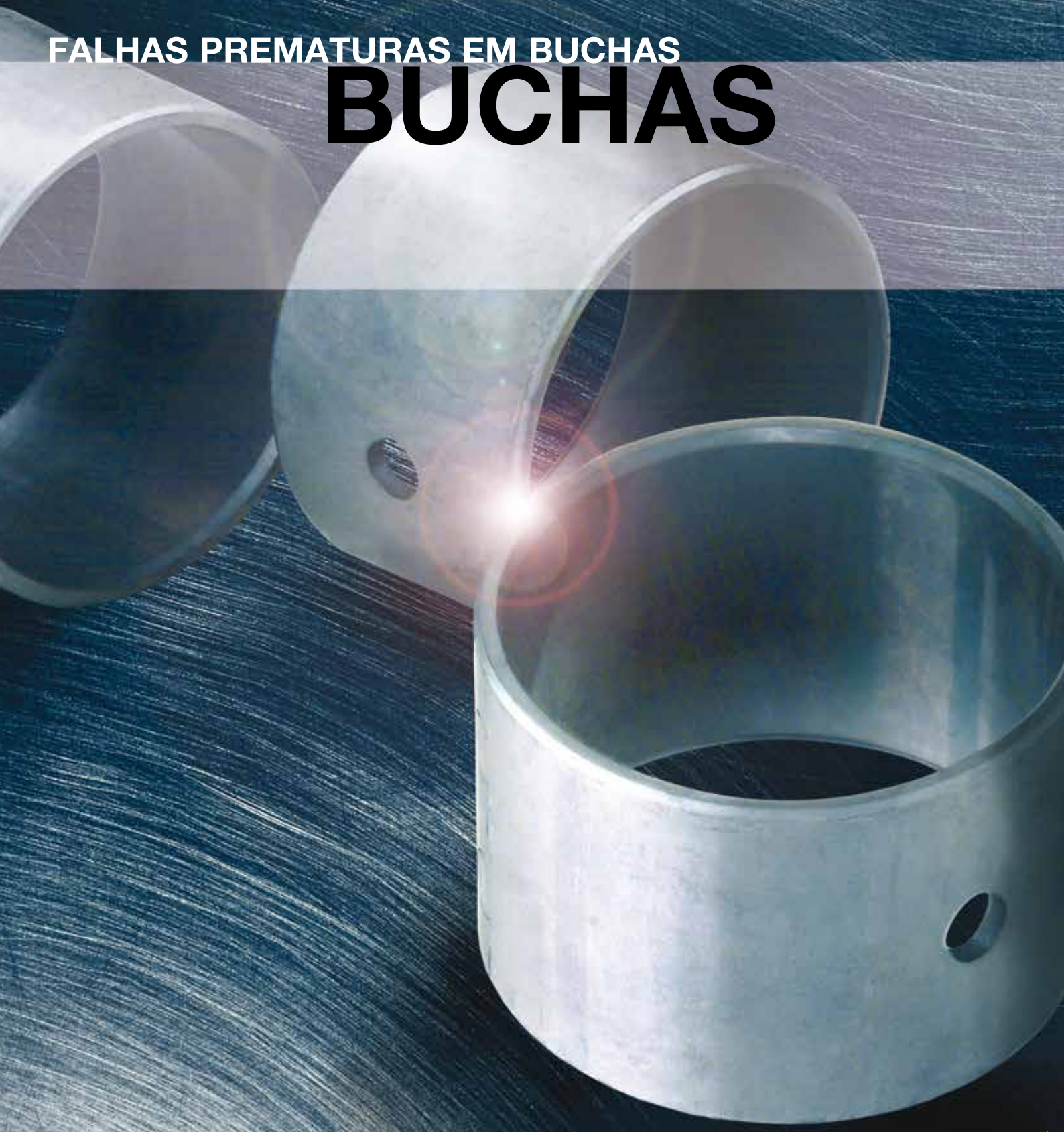
Fig. 9.4 Ressaltos de centragem não-coincidentes





FALHAS PREMATURAS EM BUCHAS

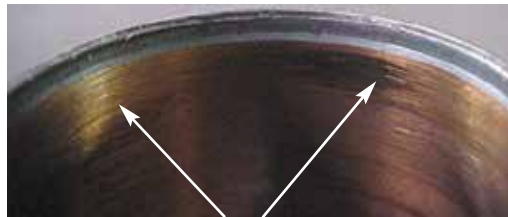
# BUCHAS



# Características normais de trabalho

As buchas, assim como as bronzinas, apresentam maior parcela de desgaste normal quando da partida do motor para o início da operação. Para que o desgaste seja sempre o menor possível, é necessário que as manutenções de troca de óleo, filtro lubrificante e filtro do ar sejam executadas segundo as recomendações da montadora/fabricante. É importante também a atenção para qualquer evidência de falha da bomba de óleo lubrificante ou, de maneira geral, falhas nos sistemas de lubrificação, de

filtração do ar, de alimentação/injeção e de arrefecimento durante o período de vida útil do motor.



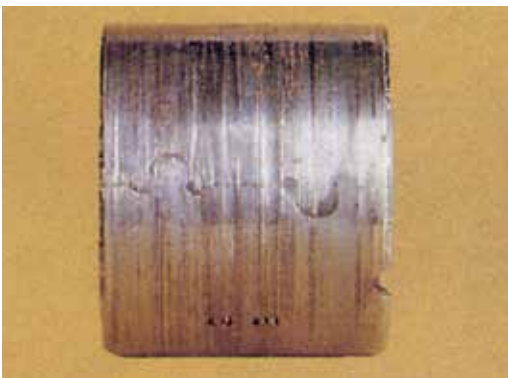
*Riscos normais e espessura correta da parede*

## 10. Falhas prematuras em buchas por erros de montagem

### 10.1 Folga de montagem incorreta

#### Aspecto

- A superfície externa da bucha apresenta riscos circunferenciais profundos.



*Fig. 10.1*

#### Causas

- Montagem do eixo na bucha com folga diametral insuficiente, fazendo com que o eixo fique "agarrado" na bucha e provoque a rotação desta no alojamento.

#### Correções

- Utilizar a folga de montagem especificada pela montadora/fabricante do motor.

### 10.2 Alojamento deformado

#### Aspecto

- A superfície externa da bucha apresenta áreas de pouco contato com o alojamento. Na superfície interna, a peça apresenta destacamento da liga antifricção.

#### Causas

- O processo de fabricação das buchas de eixo comando adotado pela MAHLE Metal Leve S. A. é o denominado "G Die" (estampagem progressiva). Neste processo, as buchas na conformação assumem a forma cilíndrica com tolerâncias para garantir o perfeito assentamento após terem sido montadas no alojamento do bloco do motor.

As tolerâncias de forma do alojamento são especificadas pela montadora/fabricante do motor.



*Fig. 10.2*



Caso o alojamento não atenda às características de forma definida dentro da tolerância estabelecida pela montadora/fabricante, haverá diminuição da área de contato da bucha com o alojamento, ocorrendo, assim, o mau assentamento da mesma. Este fato não permite a perfeita dissipação do calor gerado em operação do mancal, podendo ocorrer a fusão da liga da bucha. Pode acarretar também erro de forma do diâmetro interno após a bucha ser montada, quebrando o filme de óleo lubrificante e, conseqüentemente, podendo haver fadiga, engripamento e destacamento do material.

### Correções

- Verificar a circularidade do alojamento antes da montagem de uma nova bucha;
- No caso de alojamento muito deformado, retificá-lo e utilizar uma bucha com sobremedida externa;
- Manter as especificações de tolerância e interferência entre a bucha e o alojamento recomendadas pela montadora/fabricante do motor.



Fig. 10.2.3 Fratura da liga

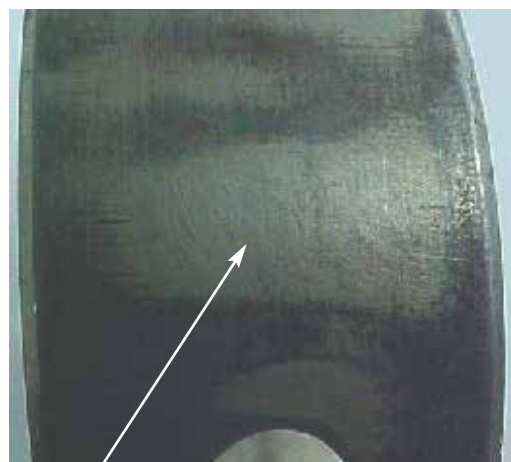


Fig. 10.2.4 Marca de apoio irregular da bucha com alojamento



Fig. 10.2.1



Fig. 10.2.5 Marca interna provocada pelo corpo estranho



Fig. 10.2.2



Fig. 10.2.6 Marca externa provocada pelo corpo estranho



### 10.3 Embuchamento incorreto

#### Aspecto

- A superfície externa da bucha apresenta marcas profundas.



Fig. 10.3

#### Causas

- Quando da preparação para a instalação da bucha no alojamento, ocorre o desalinhamento entre o centro da bucha e do alojamento, provocando certa inclinação na bucha. Como a peça é instalada com interferência no diâmetro externo, ocorrerá o não-assentamento da bucha no alojamento, podendo ocorrer trincas do material da bucha devido aos esforços envolvidos quando do motor em operação.

#### Correções

- Utilizar ferramentas adequadas para a instalação das buchas no alojamento;
- Não utilizar a peça deformada.



Fig. 10.3.1 Marca do embuchamento incorreto



Fig. 10.3.2 Marca do embuchamento inclinado

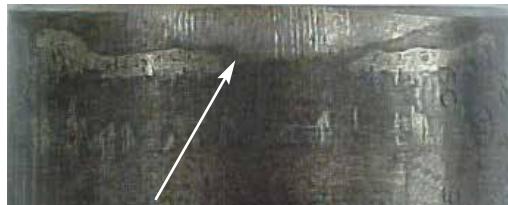


Fig. 10.3.3 Marca do embuchamento inclinado



Fig. 10.3.4 Marca do embuchamento incorreto

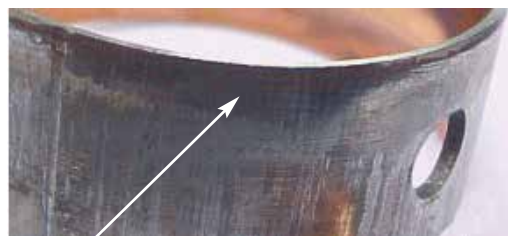


Fig. 10.3.5 Marca do embuchamento inclinado



The image features two industrial valves, likely ball valves, set against a dark, brushed metal background. One valve is positioned in the upper left, and another is in the lower right. A bright lens flare emanates from the junction of the two valves, creating a dramatic, high-contrast effect. The lighting highlights the metallic textures and the circular flanges of the valves. A semi-transparent horizontal band is overlaid across the middle of the image, containing the text.

FALHAS PREMATURAS EM VÁLVULAS

# VÁLVULAS



# Características normais de trabalho

A vida útil das válvulas é proporcional aos demais componentes do motor. Os sistemas de injeção de combustível, lubrificação, arrefecimento e filtração do ar assim como a operação do equipamento (veicular, agrícola, estacionário, industrial e marítimo), quando em condições normais de funcionamento, contribuem para que as válvulas tenham desgaste normal.



## 11. Falhas prematuras em válvulas

### 11.1 Engripamento da haste de válvulas

#### Aspecto

- Haste de válvula com marcas de engripamento com a guia. O engripamento ocorrido provoca em alguns casos o arraste de material.

#### Causas

O engripamento da haste com a guia de válvulas ocorre quando a folga existente entre a válvula/guia é comprometida por falhas relacionadas à:

- Alinhamento incorreto entre prato/mola, guia e sede de válvulas. O desalinhamento proporciona folga excessiva em determinada região e, em outra, compromete a folga entre a haste/guia a ponto de causar o engripamento (fig 11.1.1);
- Aplicação incorreta da folga entre a haste

de válvula/guia e vedadores/retentores. Tanto a folga da haste com a guia de válvulas, assim como os vedadores/retentores aplicados incorretamente comprometem o filme de óleo existente entre a haste de válvula e a guia podendo ocasionar o engripamento com arraste de material (fig. 11.1.2);

- Operação inadequada do motor. O motor funcionando com sobrecarga/rotação inadequada para a condição de trabalho também pode comprometer o filme de óleo lubrificante existente entre a haste de válvula e a guia;
- Sincronismo incorreto. O atropelamento das válvulas pelos pistões em função do sincronismo incorreto pode provocar o empenamento da haste e conseqüentemente o comprometimento da folga entre a haste/guia.



O atropelamento pode também comprometer a vedação entre o assento da válvula e a sede do cabeçote (fig. 11.1.3);

- Resíduos da combustão. Os resíduos de carbono gerados na combustão podem se fixar na parte inferior da haste da válvula e comprometer a folga entre a haste/guia na região e iniciar o engripamento (fig. 11.1.4).

#### Correções

- Verificar o alinhamento entre os componentes: mola/prato/guia/sede. Deve ser conferida a folga assim como a aplicação correta;
- Verificar o sincronismo assim como evitar o excesso de rotação do motor;
- Manter as recomendações do fabricante do motor quanto à regulagem do sistema de injeção de combustível (álcool/gasolina/diesel).



Fig. 11.1.1 Engripamento na região inferior da válvula



Fig. 11.1.2 Engripamento com arraste de material

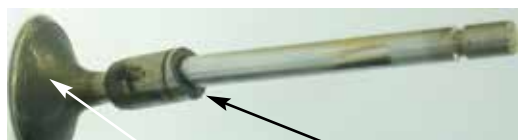


Fig. 11.1.3 Empenamento devido ao atropelamento da válvula pelo pistão



Fig. 11.1.4 Engripamento em função de resíduos de carvão fixados na haste

## 11.2 Desgaste da sede da válvula

### Aspecto

- O assento da válvula apresenta desgaste excessivo na forma de canal em todo o diâmetro da sede.

### Causas

- O desgaste na região do assento da válvula é ocasionado pelo desalinhamento entre a sede de válvula do cabeçote e a guia. Este desgaste também pode ser provocado pela utilização inadequada de combustível em relação à válvula. Molas de válvulas deficientes também podem provocar o desgaste na região da sede da válvula. A rotação elevada do comando faz com que a válvula flutue (a válvula mal fecha e abre novamente) quando a mola está "fraca" (fig.11.2.1 e fig. 11.2.2).

### Correções

- Verificar o alinhamento entre a sede e a guia de válvulas.

As molas de válvulas devem ser testadas seguindo as recomendações do fabricante do motor quanto às dimensões das molas em estado livre e quando comprimidas.



Fig. 11.2.1 Desgaste na região do assento



Fig. 11.2.2 Desgaste na região do assento da válvula

### 11.3 Fraturas e quebras das válvulas

#### Aspecto

- A válvula apresenta fratura e quebra total da cabeça na região do raio e haste. Este tipo de falha está relacionada a causas mecânicas.

#### Causas

- A quebra na região do raio e haste está relacionada ao aumento excessivo da tensão cíclica na haste. O movimento de abertura da válvula é provocado pelo ressalto do came que além de forçar sua abertura também comprime e fecha a mola. O fechamento da válvula é feito pela parte menor do came do eixo comando e principalmente pela descompressão e abertura das molas. Elevadas rotações provocam a flutuação e o aumento da tensão na região do raio/haste. O atropelamento das válvulas pelo pistão pode ocorrer em função do sincronismo incorreto das engrenagens da distribuição estarem sem sincronismo ou ainda a utilização incorreta do freio motor. Estes são alguns fatores que comprometem a condição normal de funcionamento da válvula (fig. 11.3.1 e 11.3.2).

#### Correções

- As molas de válvulas devem ser testadas quanto às suas dimensões quando submetido à carga. Devem-se seguir as recomendações quanto aos limites admissíveis. Tanto o sincronismo da distribuição, excesso de rotação e/ou utilização do freio motor, devem seguir as recomendações de limites de cada motor/veículos.

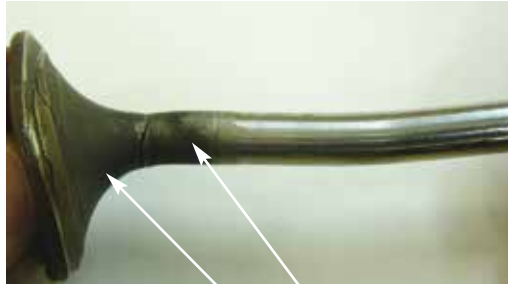


Fig. 11.3.1 Válvula deformada e quebrada na região do raio e haste



Fig. 11.3.2 Cabeça da válvula quebrada na região do raio e haste

### 11.4 Fratura na região dos canais de travas com a haste

#### Aspecto

- As válvulas apresentam quebra/fratura ou desgaste na região dos canais de trava. Este tipo de falha está relacionada a causas mecânicas.

#### Causas

- Durante a substituição das válvulas, não só as molas devem ser inspecionadas e testadas como também as travas. Podemos considerar os fatores que causam este tipo de falha, como sendo irregularidade nos ressaltos do eixo comando e travas danificadas, folga excessiva na regulagem de válvulas e flutuação da válvula (fig. 11.4.1 a 11.4.4).

#### Correções

- Substituir as travas e testar as molas de válvulas assim como efetuar a regulagem correta da folga de válvulas.



Fig. 11.4.1 Quebra na região do canal de trava



Fig. 11.4.2 Trava danificada



Fig. 11.4.3 Quebra na região do canal de trava

### 11.5 Trinca e/ou fissura na região da sede de válvulas

#### Aspecto

- A válvula apresenta trinca/fissura na região da sede da cabeça. Este tipo de falha está relacionada a causas térmicas. Caso a fissura aumente, parte da cabeça vai desprender (vide item 11.6).

#### Causas

- A fissura tem início devido a choque térmico causado pelo aquecimento e resfriamento desproporcionais da cabeça da válvula provocando fadiga térmica. Desalinhamento entre a haste de válvulas e sede do cabeçote causam deficiência de apoio contribuindo para o resfriamento inadequado. A operação incorreta do veículo, assim como a utilização de ponto morto nas descidas também contribuem para fadiga térmica (fig. 11.5.1 e 11.5.2).

#### Correções

- Corrigir as deficiências de apoio e de alinhamento, assim como operar o veículo segundo as recomendações da montadora/fabricante.



Fig. 11.5.1 Parte da cabeça quebrada

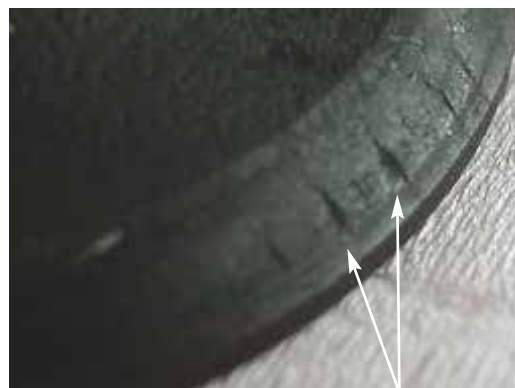


Fig. 11.5.2 Fissura no assento da válvula

### 11.6 Fratura na região da cabeça da válvula

#### Aspecto

- A válvula apresenta quebra de parte da cabeça. Este tipo de falha está relacionada a causas térmicas.

#### Causas

- A quebra de parte da cabeça da válvula tem início com uma fissura na região do assento da válvula que é originada com o aumento das pressões de combustão e temperatura na câmara. Este tipo de falha ocorre somente nas válvulas de escapamento e estão relacionadas à utilização de combustível inadequado, ponto de ignição incorreto, excesso de carvão no topo do pistão, velas inadequadas e válvulas aplicadas incorretamente. O apoio incorreto da válvula com a sede também pode originar a fratura da região da cabeça (fig. 11.6.1 e 11.6.2).

#### Correções

- Manter as características originais do motor quanto à taxa de compressão do cilindro, utilizar combustível e vela adequados ao motor, manter a curva de permanência recomendada pelo fabricante do motor (motores carburados) e efetuar a correção do assento da válvula em relação à sede.



Fig. 11.4.4 Desgaste na região do canal de trava provocado por irregularidade na trava





Fig. 11.6.1 Quebra de parte da cabeça



Fig. 11.7.1 Desgaste na região da cabeça da válvula



Fig. 11.6.2 Quebra de parte da cabeça



Fig. 11.7.2 Desgaste na região da cabeça da válvula

### 11.7 Desgaste generalizado na cabeça da válvula

#### Aspectos

- A válvula apresenta desgaste na região da cabeça e no assento da válvula. Este tipo de falha está relacionada a causas térmicas.

#### Causas

- O desgaste está relacionado ao aumento da força de fechamento da válvula combinado com elevadas temperaturas de operação e pressão de combustão. Pré-ignição, detonação, mistura pobre de combustível, relação inadequada de compressão, são fatores que alteram e desgastam a cabeça da válvula (fig. 11.7.1 e 11.7.2).

#### Correções

- Manter as características originais do motor, assim como a taxa de compressão, ponto de ignição/injeção, utilizar combustíveis adequados às especificações do motor.

### 11.8 Assento de válvulas queimadas e com desgaste localizado

#### Aspecto

- A válvula apresenta desgaste na região do assento e estende-se para a região do raio.

#### Causas

- Excesso de calor localizado na região da cabeça, assim como a passagem de gases concentrada em um só ponto provocando a desintegração da cabeça da válvula. A vedação irregular do assento da válvula com a sede do cabeçote se dá devido a resíduos de carbono gerados na combustão irregular (mistura pobre). Estes resíduos se alojam na região de sede e comprometem a vedação entre a válvula e a sede do cabeçote. Outro fator é a refrigeração deficiente devido à obstrução parcial dos dutos de arrefecimento do cabeçote. Conseqüentemente a válvula será resfriada de forma inadequada. Podemos ainda considerar que a folga incorreta de regulagem é outro fator que compromete a vedação e vai propiciar o surgimento deste tipo de falha (fig. 11.8.1 e 11.8.2).

#### Correções

- Efetuar o assentamento correto, assim como manter a mistura de ar e combustível

homogênea e efetuar a limpeza das galerias de arrefecimento do cabeçote utilizando produtos recomendados pela montadora. Evitar o funcionamento prolongado em marcha lenta.



Fig. 11.8.1 Desintegração localizada na região do assento da válvula

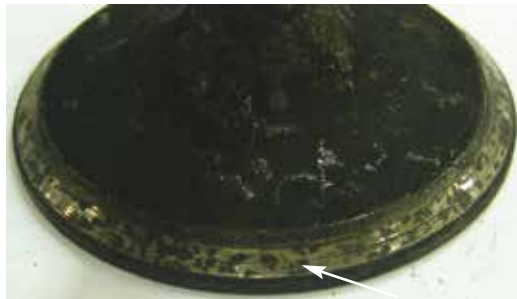


Fig. 11.8.2 Pontos de contaminação do assento da válvula por resíduo de carbono

## 11.9 Vários tipos de irregularidades

### Aspecto

- Válvulas com contaminação da sede da válvula, marcação de assentamento deslocado, excesso de carvão na base da válvula, marcação irregular do topo da válvula.

### Causas

- A marcação de assentamento irregular é devido à falta de perpendicularidade entre o centro da sede do cabeçote e centro da guia de válvulas. Esta deficiência vai aumentar a pressão da válvula sobre a sede na região de maior inclinação e permitir a passagem de gases onde a pressão é menor. O excesso de carvão é proveniente da folga excessiva entre a guia de válvulas e a haste, retentores danificados ou comprometidos, ou ainda a altura incorreta da guia em relação ao cabeçote.

A marcação irregular no topo é devido à irregularidade do balancim. Tal deficiência não permite a rotação da válvula. Podemos ainda considerar a altura incorreta do cabeçote, provocando o acionamento inclinado da válvula pelo balancim em relação ao centro da sede do cabeçote. Devemos ainda levar em consideração que as sedes do cabeçote devem ser retificadas considerando-se os ângulos. Os valores diferentes entre a sede de válvula e a sede do cabeçote permitem que a válvula se apóie de forma correta quando ocorre a combustão no cilindro (fig. 11.9.1 a 11.9.5).

### Correções

- Manter a perpendicularidade entre a sede de válvulas do cabeçote e a guia. Manter as folgas recomendadas pelo fabricante do motor e proteger o retentor/vedador dos canais de travas das válvulas durante a montagem dos vedadores (quando existirem). Substituir os balancins e não retificá-los, assim como substituir os cabeçotes quando necessários.



Fig. 11.9.1 Faixa irregular de assentamento



Fig. 11.9.2 Válvula de admissão contaminada com óleo lubrificante devido a folga excessiva entre a haste e a guia ou retentor/vedador deficiente



Fig. 11.9.3 Válvula de admissão com contaminação de crosta de óleo lubrificante devido à folga excessiva entre guia e haste e/ou deficiência do retentor/vedador

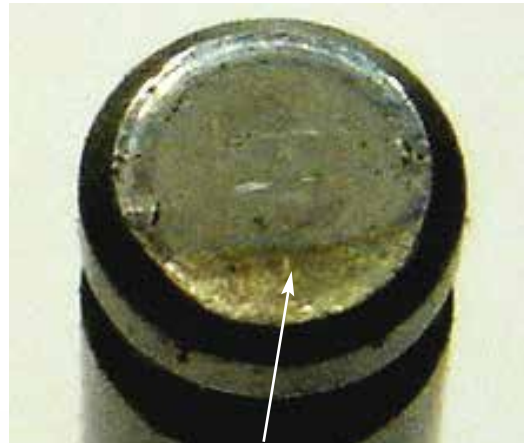


Fig. 11.9.5 Marcas que indicam que a válvula não girou. Deficiência do balancim





FALHAS PREMATURAS EM TUCHOS

# TUCHOS



# Características normais de trabalho

O desgaste normal dos tuchos ocorre quando os demais componentes têm desgaste equivalente durante a vida útil do motor. Para tal condição de desgaste é necessário que os sistemas de lubrificação e filtração, assim como alguns componentes, apresentem condições dimensionais de utilização. Quando estes fatores associados atendem às especificações, a vida útil do tucho e dos demais componentes do motor são compatíveis entre si. A figura indica a região da mosca com apoio uniforme da ponta da vareta.



*Tucho mecânico com desgaste normal de funcionamento*

## 12. Falhas prematuras em tuchos

### 12.1 Desgaste do prato

#### Aspecto

- A base do tucho apresenta desgaste excessivo.

#### Causas

- O desgaste da base ocorre quando o filme de óleo lubrificante existente entre o tucho e o ressalto do came é ineficiente ou inexistente (fig. 12.1.1).
- Para alguns tuchos, o óleo lubrificante chega até a mosca e ao corpo do tucho, por galerias de lubrificação existentes no bloco e/ou pelas varetas de válvulas. Folga excessiva do alojamento e varetas de válvulas com a ponta danificada e/ou empenadas dificultarão a chegada do óleo lubrificante até a mosca e até o corpo do tucho. Óleo lubrificante com viscosidade alterada devido à deterioração dos aditivos que o compõem, também comprometerá o filme e danificará a base (fig. 12.1.2).

#### Correções

- Verificar as folgas dos alojamentos dos tuchos no bloco, mantendo as dimensões recomendadas pela montadora.
- Verificar empenamento das varetas de válvulas, assim como desgaste das pontas.



*Fig. 12.1.1 – Desgaste na região do corpo*



*12.1.2 – Desgaste excessivo do prato*



## 12.2 – Pitting na região do prato

### Aspecto

- A base do tucho apresenta pontos em que o material foi retirado.

### Causas

- A retirada de material da base do tucho tem o nome de Pitting. Este dano ocorre na base dos tuchos devido à regulagem incorreta da folga das válvulas (válvula presa) (fig. 12.2.1).
- Outra possibilidade é a de que tenha ocorrido aplicação incorreta do tucho. Podemos considerar também como fator que contribui para esta deficiência o reaproveitamento das molas de válvulas. As molas, com o acionamento durante o funcionamento do motor, perdem a capacidade de retornar à válvula em tempo suficiente de efetuar o isolamento da câmara com a sede do cabeçote, chegando a “flutuar”. Este repique é transmitido para o balancim/vareta (quando existir) e posteriormente para o tucho. Desta forma, além das condições desfavoráveis de funcionamento já citadas no item 12.1, teremos esta que também comprometerá o filme de óleo a ponto de provocar o contato entre as superfícies e, conseqüentemente, o Pitting na face do tucho (fig. 12.2.2).

### Correção

- Manter as regulagens e inspeções recomendadas para cada motor. Efetuar teste recomendado nas molas de válvulas.



Fig. 12.2.1 – Pitting ocorrido somente no centro da base



Fig. 12.2.2 – Várias regiões da base com ocorrência de Pitting

## 12.3 – Deformação de ressalto do came

### Aspecto

- Os tuchos apresentam desgaste e esmagamento na região da base.

### Causas

- O reaproveitamento inadequado de comando ou mesmo de balancim causa deformações e desgaste nos tuchos em função da má distribuição das forças atuantes na base/ressalto (fig. 12.3.1 a 12.3.4).

### Correção

- Verificar as dimensões dos ressalto do came e balancim.



Fig. 12.3.1 – Desgaste e deformação da base



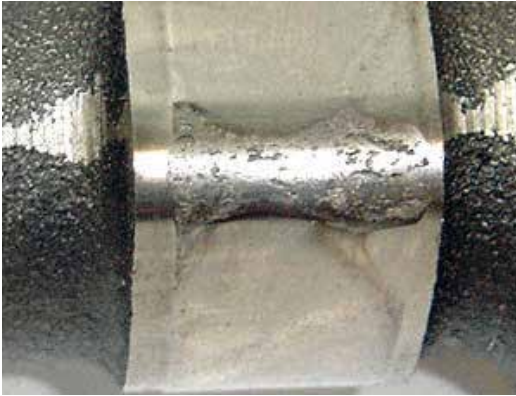


Fig. 12.3.2 – Ressalto danificado

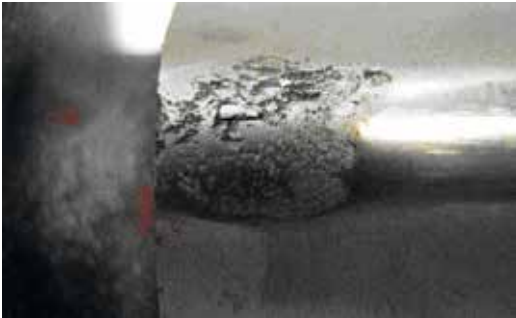


Fig. 12.3.3 – Detalhe do ressalto

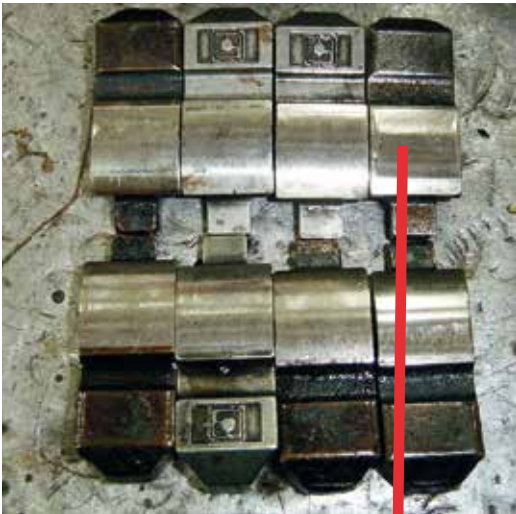
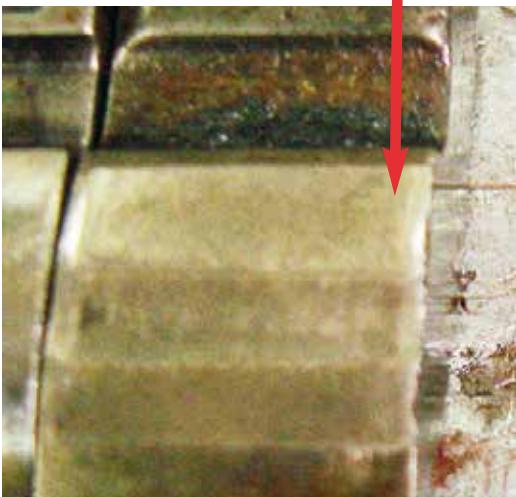


Fig. 12.3.4 – Jogo aplicado de balancim com diferentes etapas de desgaste



Detalhe do desgaste

## 12.4 – Quebra de tucho

### Aspecto

- Os tuchos apresentam a parte superior do corpo quebrada. Também pode ocorrer quebra parcial/total da base.

### Causas

- A utilização de varetas de válvulas empenadas ou até mesmo com as pontas desgastadas. Quando do acionamento do tucho, os pontos de apoio entre a mosca no tucho e o balancim são alterados (não mais a 180°) e a vareta passa a apoiar-se na região interna do tucho, gerando esforços na parede (fig. 12.4.1 a 12.4.5). A quebra da base está relacionada, associadas ou não, com as causas dos itens 12.1, 12.2 e 12.3.

- A operação incorreta do motor também pode provocar a quebra dos tuchos. Como exemplo, podemos citar a rotação excessiva. Nesta condição, a mola não tem tempo suficiente de retornar a válvula na condição de fechada, quando recebe o impacto do topo do pistão, provocando o empenamento da vareta. Outros danos são provocados nos pistões, válvulas, tucho e eixo comando, além das varetas.

### Correções

- Verificar desgaste das pontas das varetas, assim como o seu empenamento, substituindo-as quando necessário.



Fig. 12.4.1 – Jogo com alguns tuchos quebrados



Fig. 12.4.2 – Mesmo jogo com Pitting na base



*Fig. 12.4.3 – Detalhe da quebra do diâmetro interno*



*Fig. 12.4.4 – Detalhe de desgaste e quebra da base*

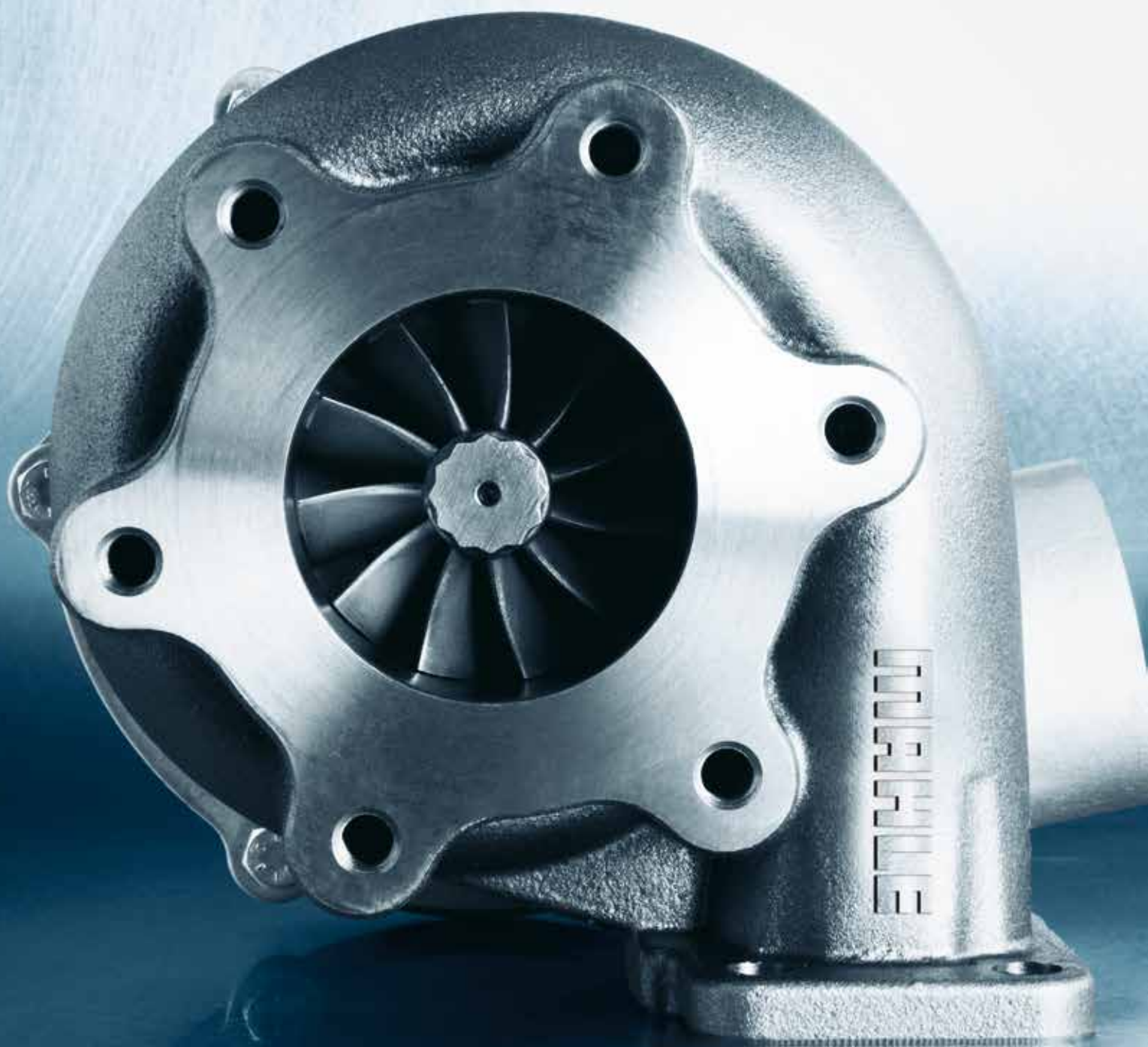


*Fig. 12.4.5 – Mosca com apoio irregular da vareta de válvulas*







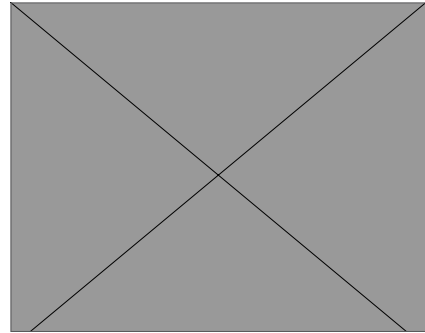


FALHAS PREMATURAS EM TURBOCOMPRESSORES

# TURBOCOMPRESSORES

# Características normais de trabalho.

A vida útil do turbocompressor está diretamente relacionada aos demais componentes e Sistemas que compõem um motor. Os Sistemas de Injeção de combustível, de Filtração (ar/óleo/combustível) e Arrefecimento necessitam que sua manutenção seja periódica e adequada, aumentando a vida útil do conjunto motriz, assim como a do turbocompressor. Outro ponto que contribui para o comprometimento da vida útil do turbo é maneira como o veículo é operado.



Carcaça compressora



Mancal radial



Conjunto eixo-rotor

## 13. Falhas prematuras em turbocompressores

### 13.1 Desgaste dos mancais principais, eixo, carcaça

#### 13.1.1 lubrificação deficiente

##### Aspecto

- Os mancais radiais apresentam marcas e/ou desgaste nas regiões internas e externas devido à falta ou deficiência do filme de óleo lubrificante existente entre os componentes (fig. 13.1.1.1);
- Resíduo de material do mancal e coloração azulada nos colos do eixo devido ao superaquecimento e ao atrito entre o mancal e o colo do eixo, causado pelo comprometimento do filme de óleo lubrificante (fig. 13.1.1.2);
- Desgaste dos alojamentos dos mancais radiais na carcaça em função da deficiência/contaminação do filme de óleo que não é suficiente para manter a lubrificação (fig. 13.1.1.3);
- Desgaste na superfície de vedação do prato compressor e colar centrífugo (fig. 13.1.1.4);
- Eixo e mancais radiais com coloração escura devido ao trabalho em altas temperaturas;
- Durante a vida útil do motor seus componentes sofrem desgaste natural de funcionamento que provocará a redução da pressão da linha de óleo lubrificante. Por esse motivo deve-se medir a

pressão da linha em toda troca do turbo. Caso a medição não esteja dentro do especificado o desgaste já chegou a um nível em que é necessário a realização de uma manutenção mais criteriosa (Fig. 13.1.1.5);

- Marcas circulares na superfície do eixo provenientes do furo do mancal radial devido à parada a quente (fig. 13.1.1.6);

##### Causas

- Parafuso de entrada da lubrificação incorreto (furo menor) e/ou obstruído;
- Cárter com baixo nível de óleo lubrificante;
- Vazamentos de óleo lubrificante no motor, componentes periféricos e turbocompressor.
- Óleo lubrificante incorreto. A utilização de óleos lubrificantes fora da especificação do fabricante gera má lubrificação dos componentes do turbo causando sua falha.
- Dutos de lubrificação do conjunto central parcialmente ou totalmente obstruídos. A presença de falhas como: curvas acentuadas, dobras, amassados, entupimento nos dutos de lubrificação

geram deficiência de lubrificação no turbo;

- Obstrução total ou parcial do filtro da turbina (quando existir);
- Não deixar o motor em marcha lenta por um período de 30 segundos antes de desligá-lo ou durante a partida. Com a parada do motor, a bomba para de levar o fluxo de óleo para as galerias e terminais de lubrificação. Como a rotação do turbo ainda está elevada, os mancais ficam com a lubrificação deficiente. A deficiência da lubrificação também ocorre durante a partida do motor, pois o óleo lubrificante estará depositado



Fig. 13.1.1.1 – Lubrificação deficiente nos mancais radiais.



Fig. 13.1.1.2 – Lubrificação deficiente no eixo rotor.

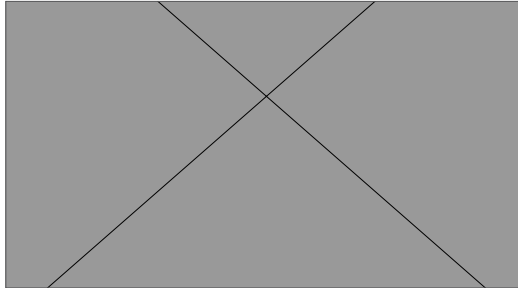


Fig. 13.1.1.3 – Riscos no alojamento da carcaça central.



Fig. 13.1.1.4 – Lubrificação deficiente no colar centrífugo.



Fig. 13.1.1.5 – Desgaste causado por baixa pressão de óleo lubrificante.



- no carter e levará um pequeno período para pressurizar e preencher toda a galeria de óleo;
- n O processo de não aguardar os 30 segundos antes de desligar o motor gera um fenômeno chamado de parada a quente. Todo o calor que esta na carcaça da turbina passa ao conjunto rotativo gerando marcas no mancal radial e eixo;
  - n A formação de resíduos de óleo obstrui o sistema de vedação, provocando vazamento de óleo para o lado da turbina (fig. 13.1.1.7);
  - n Obstrução dos furos de lubrificação por produtos vedantes (cola, silicone, etc). Não se recomenda a utilização de produtos vedantes, pois podem obstruir totalmente ou parcialmente as galerias de óleo pela aplicação em excesso ou até mesmo pelo desprendimento durante o funcionamento do turbo. (fig. 13.1.1.8).
  - n Baixa pressão causada pelo desgaste natural dos componentes internos do turbo resultará na perda da pressão de óleo. Recomenda-se a verificação da pressão do óleo em toda a substituição do turbo, caso o valor encontrado esteja fora do especificado pelo fabricante do motor deve-se realizar uma manutenção mais criteriosa.
  - n O excesso de temperatura causado por problemas no sistema de injeção de combustível, arrefecimento do motor, regulagem da bomba injetora, bicos injetores etc, gera modificações nas propriedades dos materiais e do óleo lubrificante causando problemas de lubrificação;



Fig. 13.1.1.6 – Marcas circulares no eixo, indício de parada a quente.



Fig. 13.1.1.7 – Eixo com excesso de carvão.



Fig. 13.1.1.8 – Obstrução da passagem de óleo lubrificante do turbo.

- Realizar a manutenção do motor e periféricos com o objetivo de eliminar vazamentos;

### Correções

- Durante a instalação do turbo, verificar a correta utilização do parafuso de conexão do flexível/ encanamento de lubrificação ao turbo;
- Verificar periodicamente o nível de óleo no Cárter, assim como não utilizar varetas de verificação do nível de óleo danificadas, adaptadas e/ou remarcadas;
- Reapertar e/ou substituir juntas de vedação;
- Seguir as recomendações de utilização do óleo lubrificante informadas pelo fabricante do motor/veículo;
- Efetuar periodicamente as trocas de óleo e filtros lubrificantes recomendadas pelo fabricante do motor/veículo;
- Aguardar 30 segundos com o motor em funcionamento em marcha lenta antes de desligá-lo e ligá-lo;
- Não utilizar produtos vedantes durante a instalação do turbo;

### 13.1.2 Óleo lubrificante contaminado

#### Aspecto

- Os mancais radiais apresentam riscos nas regiões internas e externas devido a partículas existentes no óleo lubrificante (fig. 13.1.2.1). Para a contaminação do óleo lubrificante com produtos líquidos (solventes, resíduo de óleo diesel, etc.), os danos causados nos mancais são iguais aos danos causados por insuficiência do filme de óleo lubrificante.
- Riscos causados no colo do eixo devido a partículas sólidas presentes no óleo lubrificante (fig. 13.1.2.2).
- Riscos e desgaste no alojamento dos mancais radiais na carcaça em função da contaminação por partículas abrasivas do óleo lubrificante (fig. 13.1.2.3).



Fig. 13.1.2.1 – Riscos provocados por óleo lubrificante contaminado.



Fig. 13.1.2.2 – Riscos provocados por óleo lubrificante contaminado.

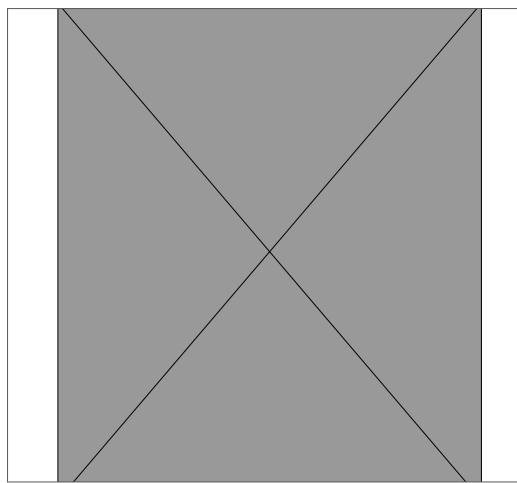


Fig. 13.1.2.3 – Carcaça central com riscos causados por impurezas.

- Eixo-rotor, mancal radial e espaçador com desgaste provocado pela contaminação do óleo lubrificante (fig. 13.1.2.4).

### Causas

- Durante o funcionamento do motor o óleo lubrificante é contaminado pela queima de combustível, gerando impurezas e acelerando o desgaste do motor, inclusive dos seus periféricos como, por exemplo, o turbo. O uso prolongado do óleo lubrificante e o excesso de combustível injetado aceleram sua contaminação e conseqüentemente degradação de suas propriedades;
- Filtro de óleo lubrificante ou da turbina (quando existir) saturados, dando passagem ao óleo sem filtrar. A saturação do filtro de óleo provoca o desgaste prematuro das peças internas do turbo devido à impurezas presentes no óleo lubrificante;
- A limpeza inadequada dos componentes do motor durante o processo de retífica provoca a contaminação do óleo lubrificante por resíduos e a saturação do filtro de óleo de forma prematura;
- O filtro de ar danificado e as mangueiras danificadas provocam a contaminação do óleo lubrificante pela ingestão de material abrasivo que agredirá os componentes internos do turbo;
- Altas temperaturas levam a carbonização do óleo lubrificante. O carvão gerado nesse fenômeno provoca o desgaste prematuro das peças móveis do turbo;

### Correções

- Manter as regulagens do sistema de Injeção de combustível recomendadas pela montadora;
- Fazer a reparação do motor segundo recomendações da montadora;
- Trocar o óleo e os filtros lubrificantes em locais apropriados e isentos de partículas sólidas de acordo com as especificações do fabricante do motor/veículo;
- Realizar a correta limpeza dos componentes do motor durante o processo de retífica;



Fig. 13.1.2.4 (1) – Óleo lubrificante contaminado, (Foto 08) – Eixo rotor; mancal radial e espaçador e Fig. 13.1.2.4 (3) – Óleo lubrificante contaminado



- ⁿ Reparar danos no sistema de filtração de ar;
- ⁿ Revisar o sistema de arrefecimento do motor e se necessário repará-lo;

### 13.2 Admissão de corpo sólido

#### Aspecto

- ⁿ Danos provocados nas palhetas do rotor (fig. 13.2.1);
- ⁿ Roda compressora apresenta marcas e/ou desgaste das palhetas (fig. 13.2.2).

#### Causas

- ⁿ Danos causados no rotor da turbina pelo impacto de partes de componentes internos do motor, como por exemplo: pedaços de anéis, bicos injetores, válvulas ou ainda resíduos de fundição ou fragmentos do coletor de escape ou também da sua junta que se desprendem durante o funcionamento do motor. O desgaste causa o desbalanceamento do conjunto e consequentemente, o desgaste dos componentes internos do turbo.
- ⁿ Impacto de corpo sólido no rotor compressor proveniente da deficiência do sistema de filtração de ar. Nesse caso temos dois tipos de objetos que podem ser admitidos: partículas finas (areia, poeira etc) e objetos maiores. Em alguns casos a causa pode ser comum entre esse dois tipos de objetos, por exemplo podemos citar: mangueiras furadas ou rasgadas, abraçadeiras danificadas, filtro do ar incompatível com a caixa, filtro do ar contaminado com água ou rasgado, montagem inadequada da tubulação, limpeza inadequada do sistema durante a substituição do filtro etc. Objetos maiores ainda podem provir do desprendimento do PU de um filtro do ar saturado ou também de partes esquecidas no coletor de admissão durante a manutenção do motor.



Fig. 13.2.1 – Admissão de corpo sólido

#### Correções

- ⁿ Substituir componentes internos danificados do motor, assim como o coletor de escapamento;
- ⁿ Revisar todo o sistema de filtração do ar, não reaproveitar filtros do ar, substituir caixas de ar danificadas, mangotes e mangueiras rasgadas,



Fig. 13.2.2 (1), Fig. 13.2.2 (2) e Fig. 13.2.2 (3) – Admissão de corpo sólido

revisar coletor de admissão antes da montagem, limpar corretamente todo o sistema de filtração, aplicar corretamente o filtro de ar certificando que esteja montado corretamente, revisar abraçadeiras etc.

### 13.3 Aplicação incorreta

#### Aspecto

- Contaminação de óleo carbonizado no mancal de encosto (fig. 13.3.1);
- Trincas e escamação interna da carcaça da turbina (fig. 13.3.2);
- Obstrução parcial ou total das galerias de retorno de óleo da carcaça central por óleo carbonizado (fig. 13.3.3).

#### Causas

- Quando a aplicação do turbo é realizada de forma incorreta, para se obter aumento de potência do motor, algumas modificações são realizadas de forma incorreta, como aumento do débito de óleo diesel (alterando excessivamente a regulagem original), utilização inadequada do freio motor, elevando a temperatura de escape a níveis críticos. Nessa condição, temos consequências como: trinca no caracol da turbina, escamação interna da turbina, carbonização do óleo lubrificante nas galerias de retorno.

#### Correções



Fig. 13.3.1 – Carbonização do óleo lubrificante decorrente de temperatura elevada.

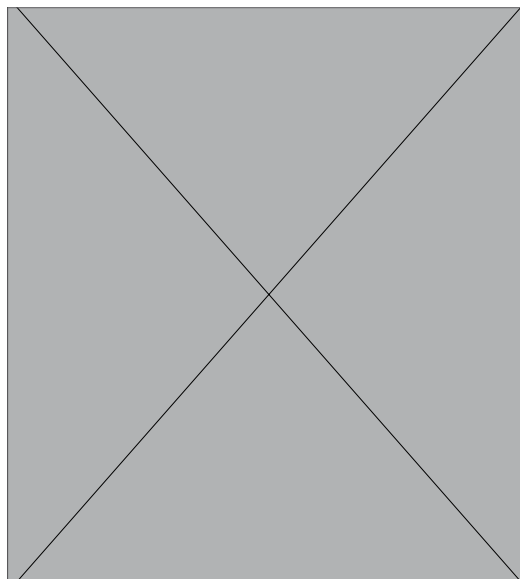


Fig. 13.3.2 – Trincas e escamação da carcaça.



Fig. 13.3.3 – Carbonização do óleo lubrificante decorrente de temperatura elevada.

- ⁿ Não efetuar alterações que comprometam o sistema de injeção de combustível, assim como operar e regular freio motor adequadamente. Nas duas correções, manter e seguir as recomendações do fabricante do motor/veículo.

### 13.4 Retorno do óleo obstruído ou alta pressão no carter “Blow-by”

#### Aspecto

- ⁿ Ambas as carcaças apresentam contaminação com óleo lubrificante (fig. 13.4.1; 13.4.2; 13.4.3 e 13.4.4);

#### Causas

- ⁿ Quando o motor tem um nível de “Blow-by” acima do especificado ou se o respiro do motor estiver obstruído a pressão na parte inferior do motor aumentará consideravelmente, com isso o óleo lubrificante do turbo ficará impedido de retornar por gravidade ao carter e vazará para ambas as carcaças. Outras causas que impedirão com que o óleo lubrificante retorne ao carter são: amassados, dobras, aplicação de silicone, aplicação de junta incorreta ou formação de borra na tubulação de retorno de óleo.

#### Correções



Fig. 13.4.1 – Borra de óleo no prato.



Fig. 13.4.2 – Óleo no rotor da turbina.



Fig. 13.4.3 – Borra de óleo na carcaça compressora.



Fig. 13.4.4 – Óleo lubrificante na carcaça da turbina.



- n Revisar o respiro do motor e se necessário limpá-lo.
- n Revisar toda a tubulação a procura de amassados, borras, dobras, presença de silicone e limpá-la ou substituí-la quando necessário.

### 13.5 Obstrução da entrada de ar no motor

#### Aspecto

- n Presença de óleo lubrificante na carcaça compressora, todas as medidas com relação a folga estão de acordo com o especificado (fig. 13.5.1, 13.5.2 e 13.5.3).

#### Causas

- n O filtro de ar saturado restringe a admissão de ar pela tubulação formando vácuo (baixa pressão) aspirando óleo lubrificante da carcaça central para a carcaça compressora. Esse tipo de falha também causa a perda do rendimento do motor, já que ocorre uma diminuição do comburente na câmara de combustão.
- n Dobras e amassados na tubulação da entrada de ar ao motor podem também restringir a entrada de ar no motor.

#### Correções

- n Substituir o filtro de ar;
- n Revisar a tubulação de entrada de ar a procura de dobras ou amassados que impeçam a entrada de ar;



Fig. 13.5.2 – Óleo lubrificante no prato, provocado por restrição de ar.



Fig. 13.5.3 – Óleo lubrificante na carcaça compressora, provocado por restrição de ar.



Fig. 13.5.1 – Borra de óleo lubrificante, provocado por restrição de ar.

## 14. Tabela de conversão de apertos (torque)

mkgf.	ft.-lbs.	ft.-lbs.	mkgf.	mkgf.	ft.-lbs.	ft.-lbs.	mkgf.	mkgf.	ft.-lbs.	ft.-lbs.	mkgf.
1	7,23	1	0,1382	31	224,22	31	4,2859	66	477,38	66	9,1248
2	14,47	2	0,2765	32	231,46	32	4,4242	67	484,61	67	9,2631
3	21,70	3	0,4118	33	238,69	33	4,5624	68	491,84	68	9,4013
4	28,93	4	0,5530	34	245,92	34	4,7007	69	499,08	69	9,5396
5	36,17	5	0,6913	35	253,16	35	4,8384	70	506,31	70	9,6778
6	43,40	6	0,8295	36	260,39	36	4,9772	71	513,54	71	9,8161
7	50,63	7	0,9678	37	267,62	37	5,1154	72	520,78	72	9,9544
8	57,86	8	1,1060	38	274,85	38	5,2537	73	528,01	73	10,0926
9	65,10	9	1,2443	39	282,09	39	5,3919	74	535,24	74	10,2309
10	72,33	10	1,3825	40	289,32	40	5,5302	75	542,48	75	10,3691
11	79,56	11	1,5208	41	296,55	41	5,6685	76	549,71	76	10,5074
12	86,80	12	1,6591	42	303,79	42	5,8067	77	556,94	77	10,6456
13	94,03	13	1,7973	43	311,02	43	5,9450	78	564,17	78	10,7839
14	101,26	14	1,9356	44	318,25	44	6,0832	79	571,40	79	10,9221
15	108,50	15	2,0738	45	325,35	45	6,2215	80	578,64	80	11,0604
16	115,73	16	2,2121	46	332,72	46	6,3597	81	585,87	81	11,1987
17	122,96	17	2,3503	47	339,95	47	6,4980	82	593,11	82	11,3369
18	130,14	18	2,4886	48	347,18	48	6,6362	83	600,34	83	11,4752
19	137,43	19	2,6268	49	354,42	49	6,7745	84	607,57	84	11,6134
20	144,66	20	2,7651	50	361,55	50	6,9128	85	614,81	85	11,7517
21	151,89	21	2,9034	51	368,88	51	7,0510	86	622,04	86	11,8899
22	159,13	22	3,0418	52	376,12	52	7,1893	87	629,50	87	12,0282
23	166,36	23	3,1799	53	383,35	53	7,3275	88	636,50	88	12,1664
24	173,59	24	3,3181	54	390,58	54	7,4658	89	643,74	89	12,3047
25	180,83	25	3,4564	55	397,82	55	7,6040	90	650,97	90	12,4429
26	188,06	26	3,5946	56	405,05	56	7,7423	91	658,20	91	12,5812
27	195,29	27	3,7329	57	412,28	57	7,8805	92	665,44	92	12,7195
28	202,52	28	3,8711	58	419,51	58	8,0188	93	672,67	93	12,8577
29	209,76	29	4,0094	59	426,75	59	8,1570	94	679,90	94	12,9960
30	216,99	30	4,1476	60	433,98	60	8,2953	95	687,14	95	13,1342
				61	441,21	61	8,4336	96	694,37	96	13,2725
				62	448,45	62	8,5718	97	701,60	97	13,4107
				63	455,68	63	8,7101	98	708,83	98	13,5490
				64	462,91	64	8,8483	99	716,07	99	13,6872
				65	470,15	65	8,9866	100	723,30	100	13,8255

1 ft.-lbs. = 0,138255 mkgf.      1 mkgf. = 7,2330 ft.-lbs.

1 mkgf. = 10mN (Metronewton)

A publicação e a reprodução deste manual, no todo ou em partes, são expressamente proibidas sem a prévia autorização escrita da MAHLE Metal Leve S. A.

DDG 0800 0150015

# MAHLE

MAHLE Metal Leve S.A.  
Rodovia Eng. João Tosello (SP 147), km 96  
Limeira (SP), Brasil

 **0800 0150015**

[www.mahle-aftermarket.com](http://www.mahle-aftermarket.com)