

**ESCOLA POLITÉCNICA  
DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

**OTIMIZAÇÃO DE MOTOR DE COMBUSTÃO  
INTERNA CICLO DIESEL PRÉ-SELECIONADO**

Chang Chih Chia

Nº USP 185077

(Antigo 1961983)

Orientador : Prof. Dr. Edson Gomes

MARÇO de 1998

*810*  
*aprovado*  
*Edson*  
*16 mar 98*

*OK*  
*17 mar 98*

## ÍNDICE

1. Introdução . . . . .	1
1.1 Motivação . . . . .	1
1.2 Mitsubishi Corporation . . . . .	1
1.3 Mitsubishi Motors Corporation . . . . .	2
1.4 MMC Automotores do Brasil S.A. . . . .	3
2. Motores de Combustão Interna . . . . .	4
2.1 Motores de Combustão Interna Ciclo Otto. . . . .	5
2.2 Motores de Combustão Interna Ciclo Diesel . . . . .	6
2.3 Ciclo Otto x Ciclo Diesel . . . . .	7
2.4 Turbocompressor . . . . .	8
3. Veículos . . . . .	11
3.1 Mitsubishi L200 . . . . .	11
3.2 Mitsubishi L300 Minibus . . . . .	12
3.3 Motor Ciclo Diesel Mitsubishi 4D56. . . . .	12
4. Objetivos . . . . .	24
4.1 Necessidade . . . . .	24
4.2 Opções e Comparação . . . . .	27
5. Desenvolvimento . . . . .	30
5.1 Definição dos Componentes . . . . .	30
5.2 Retrabalho de Componentes . . . . .	31
5.3 Manual de Montagem . . . . .	33
6. Considerações Finais . . . . .	34
7. Referências Bibliográficas . . . . .	35
8. Anexo . . . . .	36

## **1. INTRODUÇÃO**

### ***1.1 MOTIVAÇÃO***

O presente trabalho foi desenvolvido a partir da oportunidade de conciliar o aprendizado acadêmico com uma necessidade real da empresa onde trabalho desde 1993, a MMC Automotores do Brasil S.A., importadora oficial dos veículos da marca MITSUBISHI MOTORS.

Nela, atuo nas áreas de Marketing Técnico, Treinamento, Homologação de Veículos e Engenharia de Produto.

Este projeto surgiu de um problema diretamente ligado à área de Engenharia de Produto.

Diante de reclamações de clientes insatisfeitos com o desempenho de dois modelos de veículos, buscamos uma solução para melhor o desempenho dos motores usados por eles.

Antes disso, um breve resumo sobre a marca MITSUBISHI e sua história.

### ***1.2 MITSUBISHI CORPORATION***

O grupo MITSUBISHI surgiu, no Japão, em 1870. Em pouco mais de um século de história tornou-se num dos maiores conglomerados do mundo, sendo responsável por 12% do PIB local. Como o PIB do Japão é aproximadamente dez vezes maior que o do Brasil, chegamos à surpreendente constatação de que o grupo MITSUBISHI gera um PIB

maior que o do Brasil. As companhias do grupo são líderes no mercado japonês e mundial. Principais destaques no Japão: maior construtor e frota de navios (mercante, de guerra ou super petroleiros), maior fabricante de elevadores e escadas rolantes, maior seguradora do Japão, líder em empreendimentos imobiliários, maior fabricante de escavadeiras e equipamentos de construção civil, maior fabricante de latas de alumínio. Além disso, tem o maior banco privado do mundo, líder mundial em vidros para automóveis e aplicações diversas, maior fabricante mundial de discos óticos-magnéticos, e muitas outras companhias ...

### ***1.3 MITSUBISHI MOTORS CORPORATION***

A MITSUBISHI MOTORS CORPORATION surgiu muito depois, tendo se estabelecido apenas em 1970 como membro do seletto clube das montadoras de veículos.

Hoje, a MITSUBISHI MOTORS CORPORATION é a maior produtora de caminhões do Japão e ocupa o terceiro lugar em volume de vendas de automóveis e utilitários .

A linha de veículos é uma das mais completas do mundo, cobrindo praticamente todos os segmentos: utilitários, sedans, cupês, vans e esportivos, além de uma ampla linha de carros populares para o mercado japonês .

No cenário mundial, a marca MITSUBISHI MOTORS já é sinônimo de um produto excelente e de respeito a seus clientes, além da preocupação com o meio ambiente, através de constantes pesquisas em produtos que melhor interagem com a natureza.

#### ***1.4 MMC AUTOMOTORES DO BRASIL S.A.***

No Brasil, a marca MITSUBISHI é muito conhecida nas áreas de eletrônicos, comercial e financeira .

A MMC Automotores do Brasil S.A. é credenciada pela MITSUBISHI MOTORS CORPORATION como importadora oficial dos veículos da marca MITSUBISHI MOTORS, sendo responsável por toda a estrutura de venda e apoio a um cliente MITSUBISHI no Brasil. Esta condição lhe confere o status de filial brasileira da MITSUBISHI MOTORS CORPORATION .

O ramo automotivo chegou ao país apenas em 1991 pelas mãos de seu atual presidente, Eduardo de Souza Ramos. Os carros pioneiros que vieram foram os utilitários leves, o jipe Pajero e a pick-up L200, até hoje líderes de venda em suas categorias .

Hoje conta com uma das maiores redes de concessionários de veículos importados do país (60 Concessionárias) e continua investindo em excelência no atendimento ao cliente .

Comprovando sua intenção de estabelecer-se definitivamente no Brasil, a MITSUBISHI MOTORS CORPORATION, através da MMC AUTOMOTORES DO BRASIL S.A., está instalando a CAT-PB (Catalão - Project Brazil), montadora localizada em Catalão - GO, que terá capacidade inicial de produzir 4000 veículos por ano, com previsão de início das atividades em Julho de 1998.

O veículo escolhido para iniciar a produção nacional é a pick-up L200, líder de vendas em sua categoria, que também é objeto de estudo do presente trabalho.

## 2. MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

Motores de combustão interna podem ter várias configurações diferentes de construção e de funcionamento.

Quanto à configuração, existem motores de um só cilindro, ou com vários cilindros. A disposição destes cilindros pode ser:

- em linha, com todos os cilindros um ao lado do outro.
- em V, com os cilindros formando um V entre eles. Mesmo nesta configuração existem variações possíveis, por exemplo: um cilindro de um lado do V e dois do outro (motor de certas marcas de motocicleta), o ângulo entre os cilindros pode variar de acordo com o projeto, etc...
- em estrela, com os cilindros dispostos radialmente, de modo que o virabrequim fique no centro.

Quanto ao tipo de funcionamento, os motores podem ser de dois tempos ou de quatro tempos. No motor de dois tempos ocorre uma explosão em cada cilindro a cada uma volta do virabrequim, enquanto que no de quatro tempos ocorre uma explosão em cada cilindro a cada duas voltas do virabrequim.

Todo motor, para seu perfeito funcionamento, necessita de outros sistemas : lubrificação, arrefecimento, alimentação, etc... e estes sistemas também podem ter configurações e funcionamentos diversos.

Como vemos, o projeto de um motor de combustão interna é complexo, dependendo bastante de sua utilidade e necessidade.

Abordaremos mais a fundo o motor de quatro tempos, por ser de nosso interesse.

Os quatro tempos à que se refere seu nome significa os quatro tempos ou fases para se completar um ciclo do motor. O motor de quatro tempos ainda é dividido pelo tipo de combustível utilizado:

## ***2.1 MOTOR QUATRO TEMPOS CICLO OTTO***

Este tipo de motor utiliza como combustível gasolina, álcool etílico hidratado combustível, gás, etc...

Este motor tem como principal característica o tempo de Explosão provocado por faísca ocasionada por vela de ignição.

Neste motor as fases ou tempos são :

- *Admissão* : o pistão desce ao mesmo tempo em que a(s) válvula(s) de admissão se abre(m), aspirando a mistura ar/combustível.

- *Compressão* : após atingir o ponto morto inferior, o pistão sobe, comprimindo o ar ou a mistura ar/combustível.

- *Ignição ou Explosão* : Quando o pistão esta próximo do ponto morto superior ocorre a Ignição ou Explosão, devido à centelha da vela de ignição sobre a mistura ar/combustível.

- *Exaustão ou Escape* : após atingir novamente o ponto morto inferior, o pistão desloca-se para cima enquanto a(s) válvula(s) de escape permanece aberta até próximo do pistão atingir o ponto morto superior, expulsando desta forma os gases resultantes da Ignição/Explosão.

Estes motores têm taxa de compressão (volume do cilindro com o pistão em ponto morto inferior / volume do cilindro com o pistão em ponto morto superior) entre 8.0:1 e 12.0:1.

## ***2.2 MOTOR QUATRO TEMPOS CICLO DIESEL***

Este tipo de motor utiliza como combustível o óleo Diesel

Este motor tem como principal característica o tempo de Explosão provocado por compressão, e não por faísca ocasionada por vela de ignição, como ocorre no ciclo Otto.

Neste motor as fases ou tempos são :

- *Admissão* : o pistão desce ao mesmo tempo em que a(s) válvula(s) de admissão se abre(m), aspirando apenas ar.

- *Compressão* : após atingir o ponto morto inferior, o pistão sobe, comprimindo o ar.

- *Ignição ou Explosão* : Quando o pistão esta próximo do ponto morto superior ocorre a Ignição ou Explosão, devido à injeção de combustível sobre o ar que está comprimido dentro do cilindro, que provoca uma auto explosão.

- *Exaustão ou Escape* : após atingir novamente o ponto morto inferior, o pistão desloca-se para cima enquanto a(s) válvula(s) de escape permanece aberta até próximo do pistão atingir o ponto morto superior, expulsando desta forma os gases resultantes da Ignição/Explosão.

Devido à sua característica de explosão por compressão, este tipo de motor normalmente têm taxa de compressão na ordem de 20:1, ou seja, o dobro da taxa dos motores ciclo Otto.

### **2.3 CICLO OTTO X CICLO DIESEL**

Apresentaremos aqui comparações entre os dois tipos de motores levando em conta aspectos relevantes à este trabalho.

- *Potência* : o ciclo Otto desenvolve potência específica (Potência/Cilindrada) sensivelmente maior que o Ciclo Diesel. Por exemplo: um moderno motor ciclo Otto, com 4 cilindros em linha, de 2.0 litros de cilindrada pode desenvolver de 100 CV a até cerca de 150 CV de potência. Um motor moderno Ciclo Diesel com 4 cilindros em linha, de 2.5 litros de cilindrada pode desenvolver apenas de 70 CV a até cerca de 90 CV de potência. Nota-se portanto que mesmo tendo cilindrada maior, um motor ciclo Diesel desenvolve menos potência.

- *Torque* : Também vantagem do ciclo Otto, porém a diferença neste caso é menor.

- *Funcionamento* : mais do que números absolutos, deve-se notar que o ciclo Otto desenvolve rotações muito maiores que o Ciclo Diesel, tendo como resultado que estes valores de potência e torque são em rotações altas, normalmente acima de 5000 RPM para a potência máxima e acima de 3000 RPM para torque máximo.

Por utilizar peças mais robustas, o Ciclo Diesel vibra mais que o ciclo Otto e não consegue atingir rotações muito altas. Motores ciclo Diesel de caminhões mal passam de 2000 RPM. Modernos motores para veículos menores, como pick-ups, conseguem atingir mais de 4000 RPM, onde se observa a potência máxima, com o torque máximo por volta de 2000 RPM.

A principal vantagem do ciclo Diesel neste caso é que bom valor de torque se manifesta desde baixos giros. Esta é uma característica importante

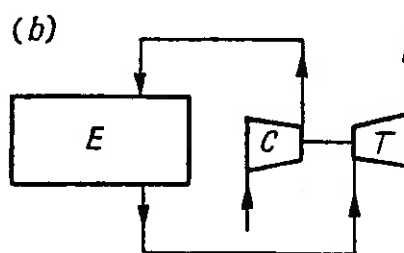
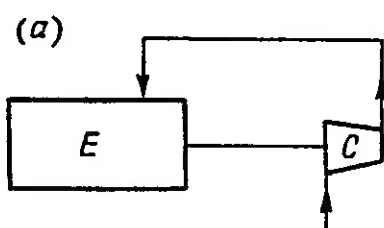
para motores usados em veículos de carga, utilitários e que rodem em baixas velocidades, mas que necessitam de bom torque em baixas rotações.

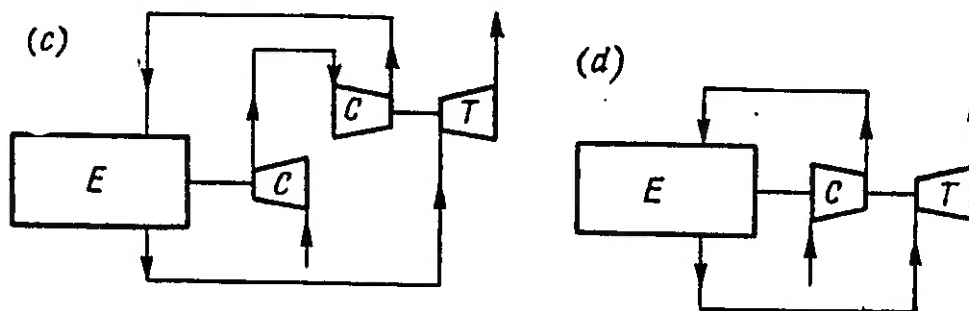
- *Durabilidade* : devido à sua característica de explosão por compressão e utilizar taxas de compressão elevadas, motores ciclo Diesel têm sua estrutura e componentes mais robustos se comparados a motores de ciclos Otto. Geralmente, por este motivo, motores ciclo Diesel são superdimensionados, conseqüentemente possuem maior durabilidade.

- *Consumo* : Aqui a grande vantagem do ciclo Diesel sobre o ciclo Otto. O motor de ciclo Diesel é sensivelmente mais econômico que um similar ciclo Otto nas mesmas condições.

## 2.4 TURBOCOMPRESSOR

Uma maneira de aumentar a potência específica, e conseqüentemente o torque, de um motor de combustão interna é o uso de dispositivos de sobrealimentação. Existem vários tipos e configurações construtivas diferentes de sobrealimentadores. Nas figuras abaixo vemos esquemas de alguns tipos de configurações de sistemas de sobrealimentadores. O módulo (E) identifica o motor propriamente dito, o módulo (C) identifica o compressor, e o módulo (T) identifica a turbina.





A figura (a) mostra um compressor de acionamento totalmente mecânico, acionado pelo virabrequim do próprio motor que este está sobrealimentando.

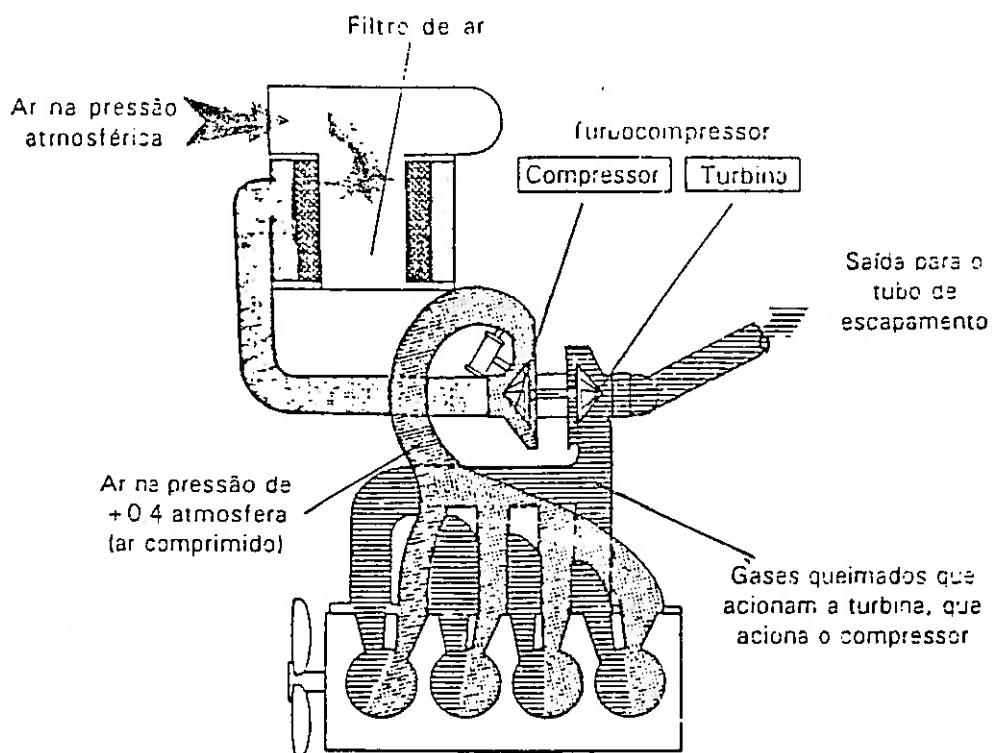
A figura (b) mostra o esquema do sistema chamado turbocompressor. Os gases de escapamento são aproveitados para mover a turbina, que aciona o compressor mecanicamente para este sobrealimentar o motor.

A figura (c) mostra um sistema de dois estágios, onde o ar é primeiramente comprimido por um compressor de acionamento mecânico pelo próprio motor e em seguida é comprimido por um compressor acionado por turbina (turbocompressor). É uma combinação dos sistemas mostrados nas figuras (a) e (b).

A figura (d) mostra outro sistema combinado, porém neste utiliza-se apenas um compressor que é acionado tanto pelo motor como pela turbina.

O turbocompressor é certamente o mais usado atualmente em aplicações automobilísticas.

Na figura a seguir vemos um esquema mostrando o posicionamento e fluxo de gases no exemplo de um motor utilizando um turbocompressor regulado a 0.4 bar de pressão.



Aumento de potência específica do motor devido à maior entrada de ar no motor.  
(Aumento de eficiência volumétrica)

Vemos então que a turbina é acionada pela saída dos gases resultantes da combustão. A turbina move o compressor pois seus eixos estão rigidamente ligados. Ar à pressão atmosférica é admitido, passa pelo filtro de ar e em seguida é comprimido no compressor, neste exemplo para mais 0.4 bar e depois segue para o coletor de admissão e aos cilindros.

O resultado da entrada de ar comprimido aos cilindros é o aumento da potência específica, pois desta maneira entra mais ar do que se fosse apenas naturalmente aspirado pelos cilindros (aumento da eficiência volumétrica).

### **3. VEÍCULOS**

Aqui serão apresentados os veículos cujo motor é objeto do presente estudo.

#### ***3.1 MITSUBISHI L200***

A L200 é uma pick-up de porte médio, com cabine dupla, quatro portas e capacidade de transportar, com o conforto de um automóvel, até cinco pessoas, além do ótimo espaço de carga na caçamba.

Possue transmissão mecânica de cinco marchas à frente e uma à ré, com embreagem monodisco a seco, com acionamento por sistema hidráulico, que proporciona ao condutor maior conforto, devido à sensível redução da força necessária a ser aplicada no pedal e maior progressividade no seu acionamento. A transmissão possui escalonamento de marchas adequado tanto para estrada como para atividades fora-de-estrada.

A suspensão traseira é um sistema de eixo rígido com feixe de molas e amortecedores telescópicos defasados, posicionamento que lhe confere semelhança de dirigibilidade de um veículo de passeio.

A suspensão dianteira conta com bandejas, molas helicoidais, amortecedores telescópicos e barra estabilizadora.

O sistema de freios é hidráulico, com circuito duplo, auxiliado por servofreio, com discos ventilados na dianteira e tambor na traseira. Este sistema foi dimensionado de forma a ter ótimos resultados, inclusive levando em conta a grande capacidade de carga do veículo.

Como itens de conforto, a L200 já vem equipada com ar condicionado e direção hidráulica.

### ***3.2 MITSUBISHI L300 MINIBUS***

Este veículo é montado sobre a mesma base mecânica da L200, ou seja, chassi, suspensão, freios e motor.

Com carroceria na configuração de Van, possui quatro fileiras de bancos, podendo assim acomodar 12 pessoas com conforto. Ideal para transporte escolar, passeios turísticos ou para famílias grandes, já que a última fileira de bancos é rebatível, abrindo espaço para porta-malas.

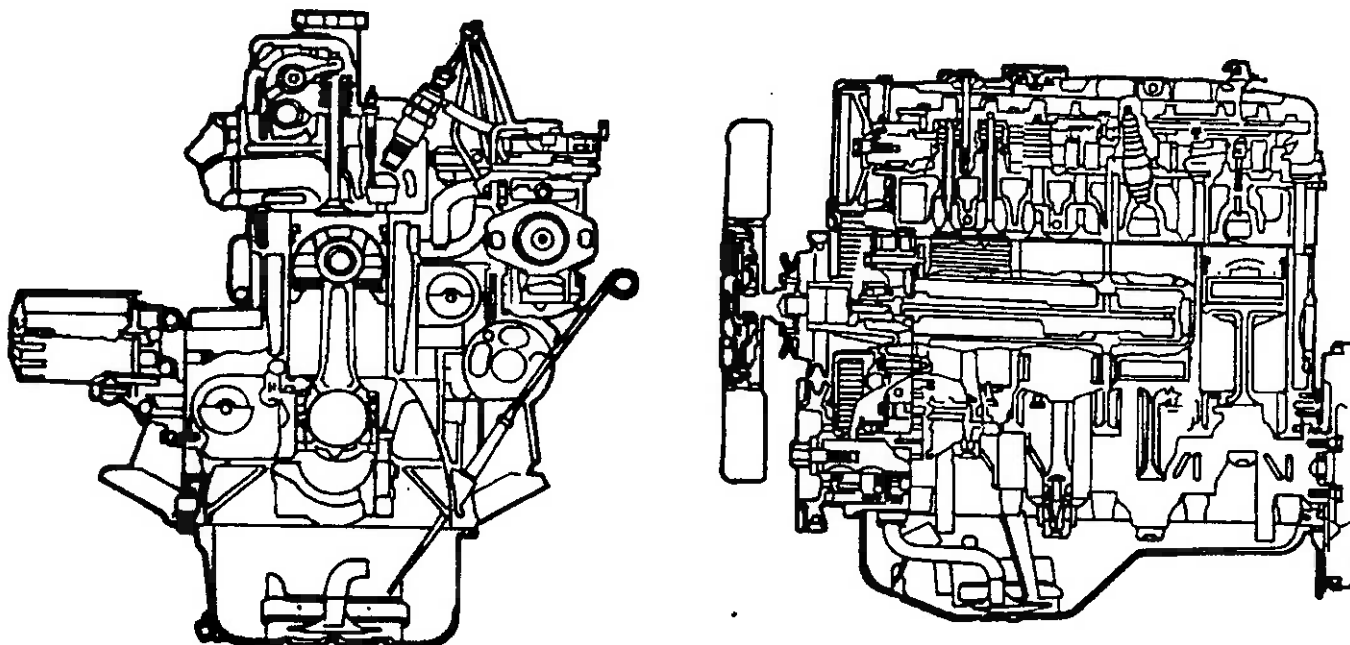
Retirando-se até três fileiras de bancos, a L300 pode ser utilizada para transporte urbano de mercadorias, serviços de assistência técnica, entregas e até ambulância, fazendo-se as devidas modificações.

Têm portas laterais corrediças em ambos os lados, que lhe confere ótima praticidade e segurança para embarque e desembarque de passageiros.

### ***3.3 MOTOR CICLO DIESEL MITSUBISHI 4D56***

A pick-up L200 e a Van L300 utilizam o mesmo motor a ciclo Diesel Mitsubishi 4D56. Trata-se de um dos mais modernos motores Diesel para veículos de médio porte já projetados atualmente. Nesta seção serão apresentados suas principais características e sistemas.

- Características gerais



Construído com cabeçote de alumínio, blocos de cilindros totalmente simétrico, bomba de injeção de combustível na distribuição e com um motor de arranque de redução motriz, para maior compacidade e leveza.

O nível de vibração, bem como o ruído em médias e altas rotações, foi reduzido pela incorporação de eixos balanceadores, também chamados de eixos silenciosos.

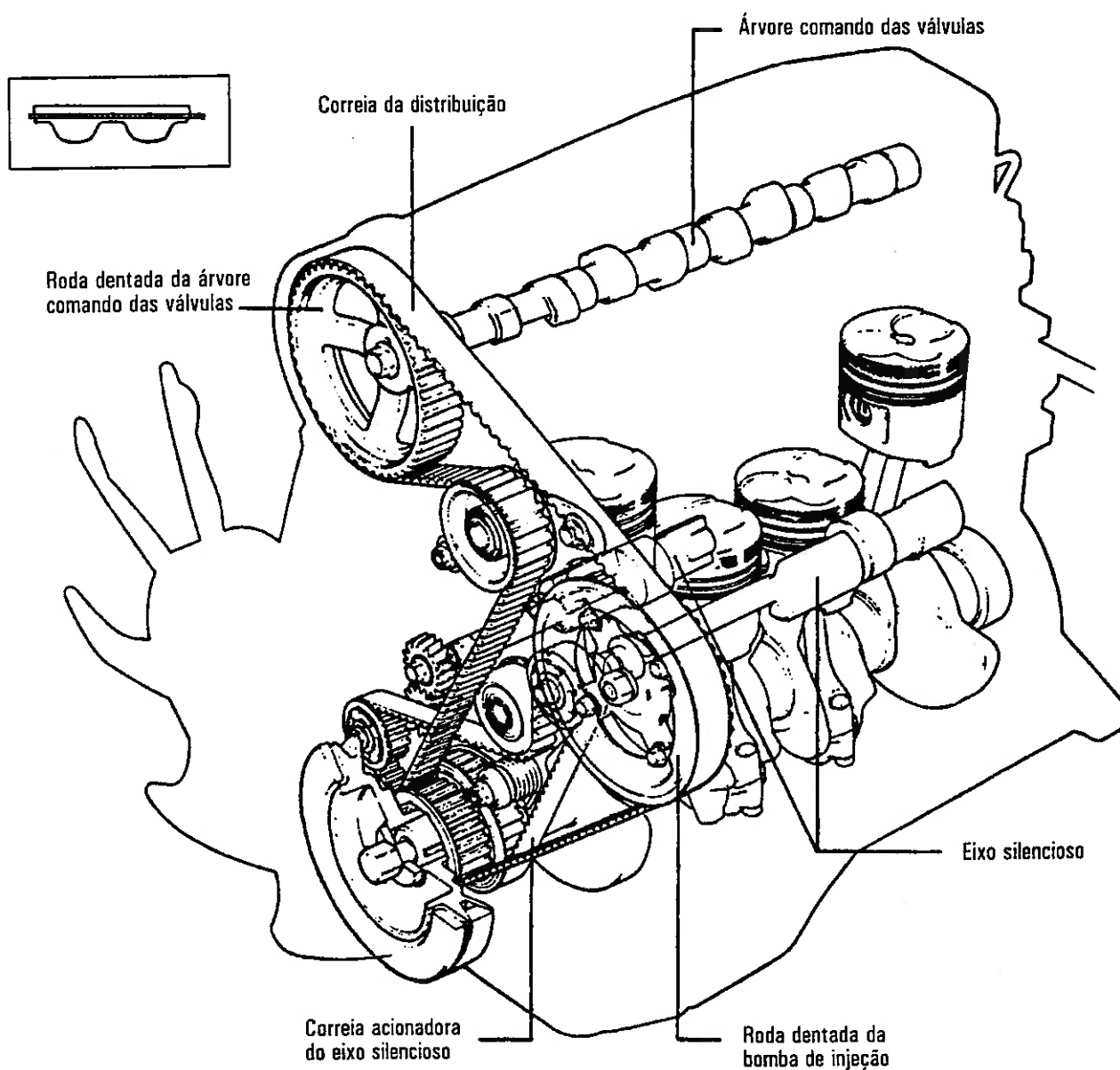
As Câmaras de combustão atendem tanto às exigências de rendimento como as de redução de ruído da combustão.

A utilização de correias dentadas e êmbolos auto-térmicos possibilitaram a redução do ruído mecânico.

O aumento da rigidez dos componentes do motor e a adoção de um filtro de ar de grande capacidade proporcionou a redução do ruído da transmissão e admissão.

As características da partida a frio foram melhoradas pela adoção de velas de aquecimento rápido e do controle eletrônico de energização das velas.

*- Correia da distribuição e Eixos Silenciosos*

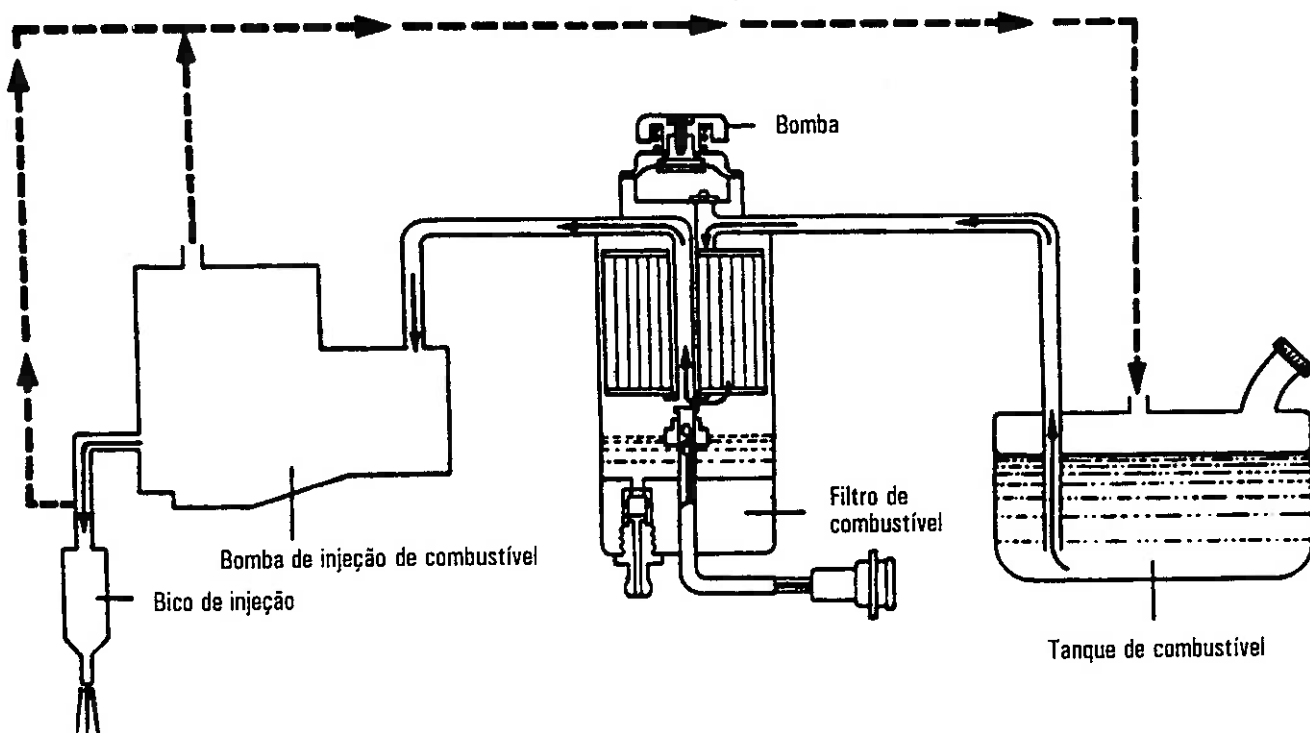


Para a redução de ruído, foi adotada uma correia de distribuição que demonstrou grande rendimento em motores ciclo Otto. São utilizadas duas

correias, uma para acionar o comando de válvulas e a bomba de combustível, outra para acionar os eixos silenciosos.

Os eixos silenciosos são acionados pela roda dentada localizada na árvore de manivelas. O eixo silencioso esquerdo gira no mesmo sentido que a árvore de manivelas, sendo acionado diretamente pela correia e o eixo silencioso direito gira no sentido oposto à árvore de manivelas, sendo acionado pela engrenagem.

*- Sistema de combustível*

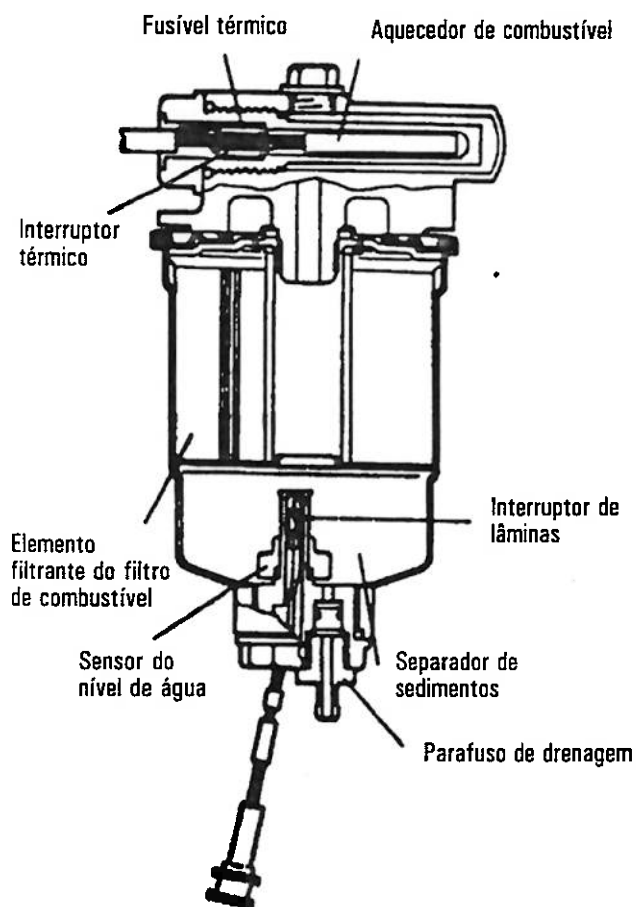


O sistema de combustível é composto pelo tanque de combustível, tubulação, filtro (com separador de água e bomba de pré-alimentação incorporados), bomba de combustível e injetores.

Uma vez pressurizado pela bomba, o combustível é injetado nos cilindros pelos bicos injetores na ordem de ignição.

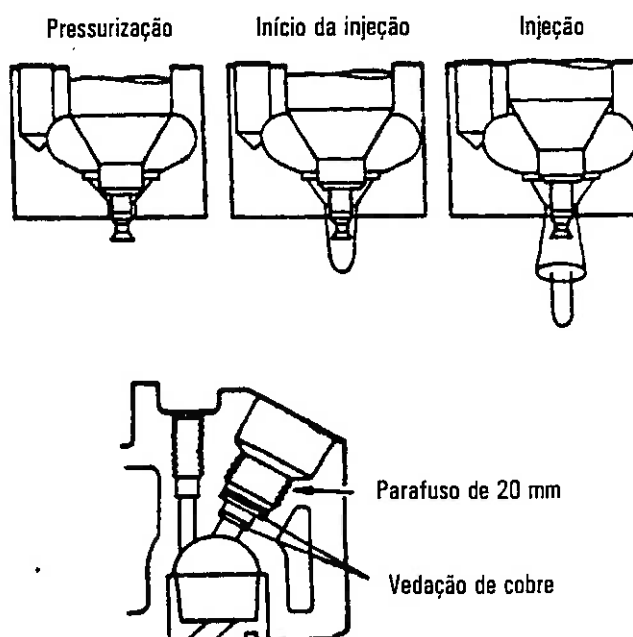
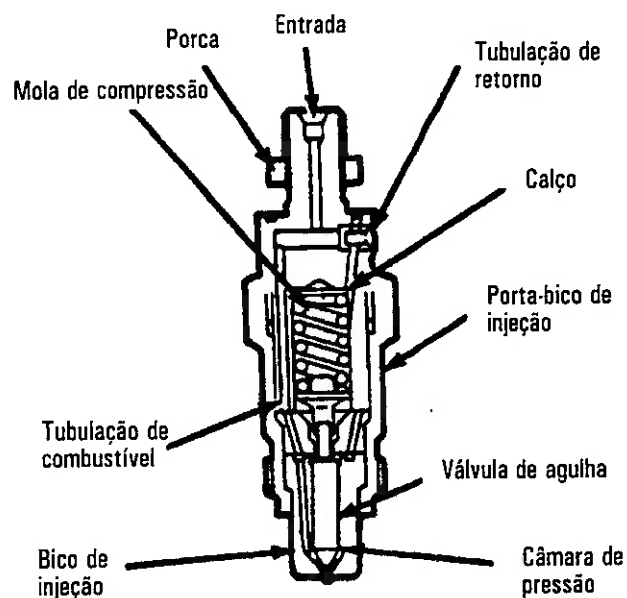
Por outro lado, o combustível remanescente na carcaça da bomba retorna ao tanque através da válvula de sobrefluxo e tubo de retorno. Durante essa circulação de combustível, a bomba se lubrifica e esfria.

*- Filtro de combustível*



O filtro de combustível serve também como separador de água e bomba manual para drenagem de ar.

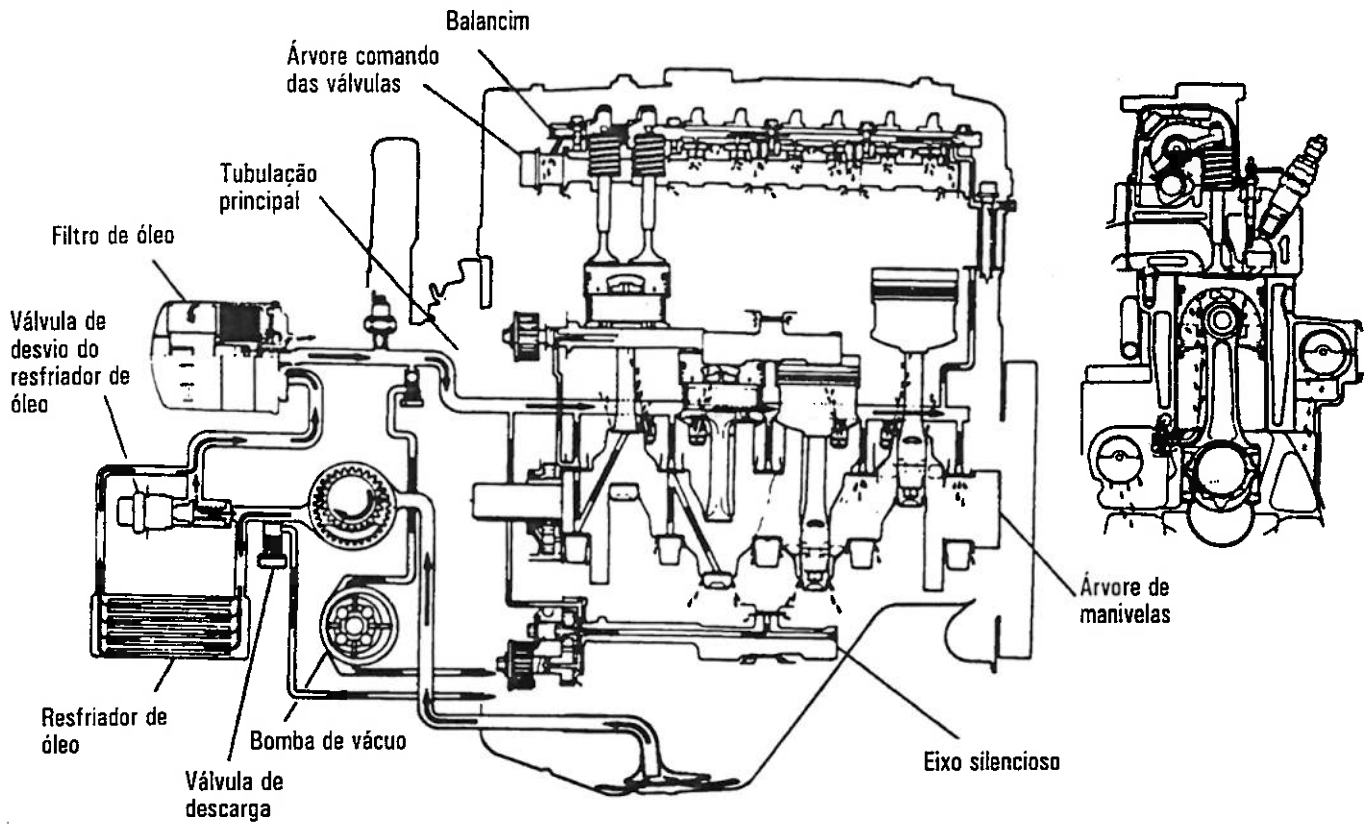
- Bicos injetores de combustível



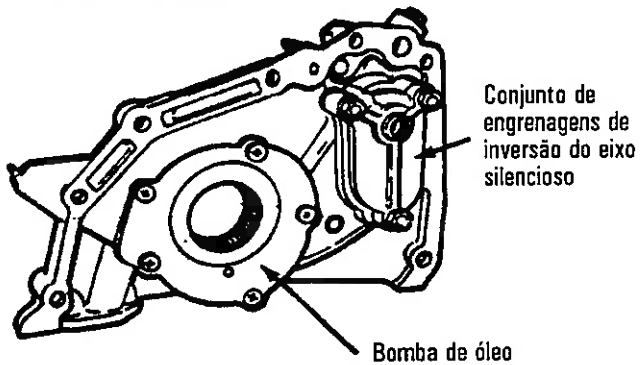
Estes bicos são compostos de um porta-bicos e de um bico provido de agulha. O conjunto está parafusado no cabeçote e conectado à bomba de injeção de combustível através dos tubos de combustível de alta pressão. O combustível em alta pressão entra na câmara de pressão do injetor através do conduto de combustível. Quando a pressão de injeção, que pressiona a agulha do bico, vence a força da mola do porta-bicos, a agulha salta de sua sede e o combustível é pulverizado na pré-câmara. Quando o combustível é injetado, o bico de injeção primeiramente pulveriza uma pequena quantidade inicial de combustível, a qual é vaporizada na pré-câmara e se queima. em seguida a quantidade principal de combustível é injetada, iniciando-se a combustão. Este tipo de injetor assegura o funcionamento uniforme do motor, minimizando o ruído de funcionamento.

Todos os injetores estão interconectados pelo duto de retorno, de modo que o combustível em excesso possa retornar ao tanque.

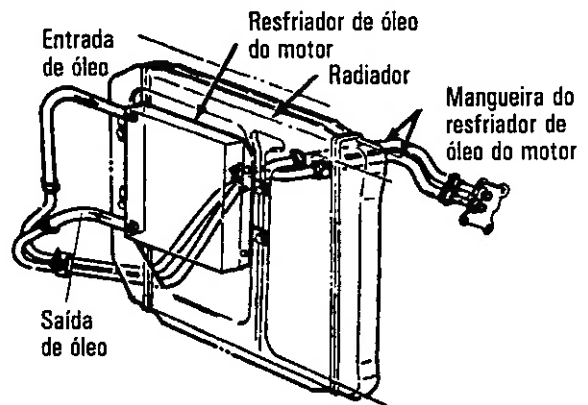
- Lubrificação



Bomba de Óleo



Resfriador de Óleo

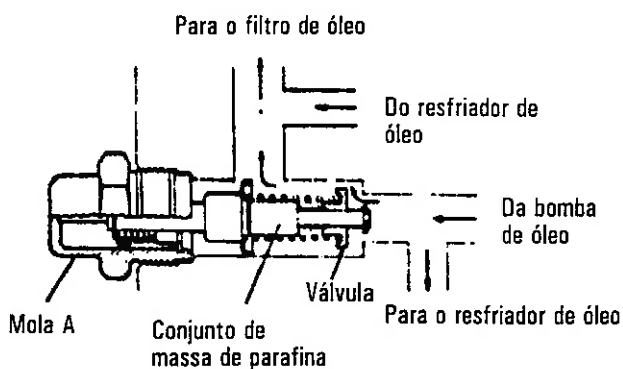


Bomba de óleo: uma bomba interna com engrenagem meia-lua, acionada diretamente pela árvore de manivelas. Suas principais vantagens são a redução do número total de peças do motor e a redução de peso, por ser mais leve que uma bomba convencional.

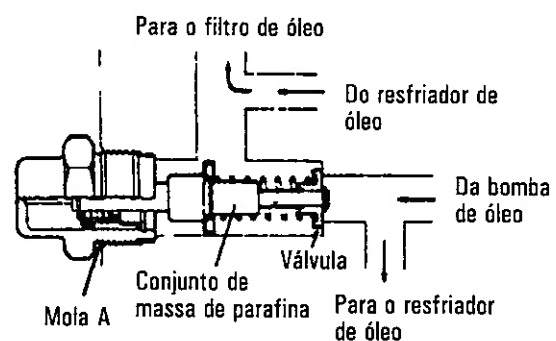
O sistema de lubrificação incorpora ainda um resfriador de óleo do motor, controlado termostaticamente.

*- Válvula de desvio do resfriador*

**Funcionamento a frio**



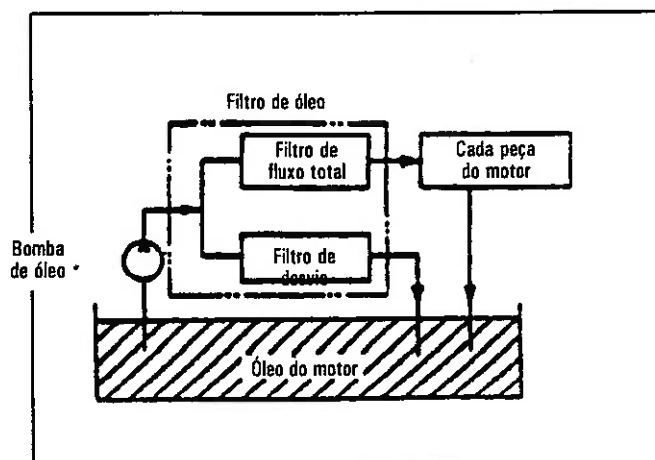
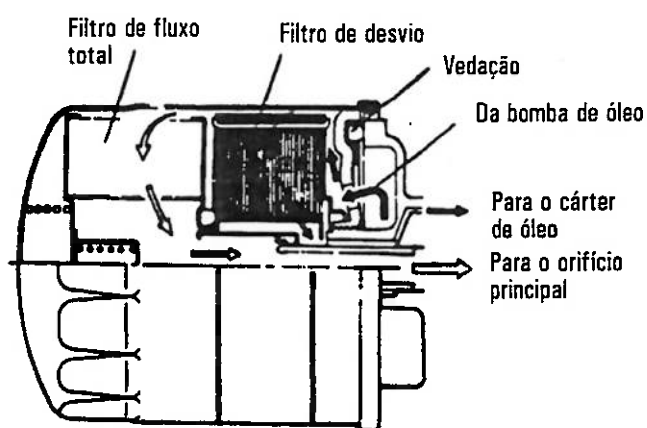
**Funcionamento a quente**



(1) Se a temperatura do óleo está abaixo do valor especificado: À medida em que se reduz a expansão da parafina no conjunto de massa, este é pressionado para a esquerda pela mola A, abrindo a válvula. O óleo então circula pelo filtro de óleo sem passar pelo resfriador.

(2) Se a temperatura do óleo está acima do valor especificado: a parafina do conjunto de massa se expande, a mola A se comprime e o conjunto de massa se expande. A válvula então fecha e o óleo passa pelo resfriador.

### - Filtro de óleo

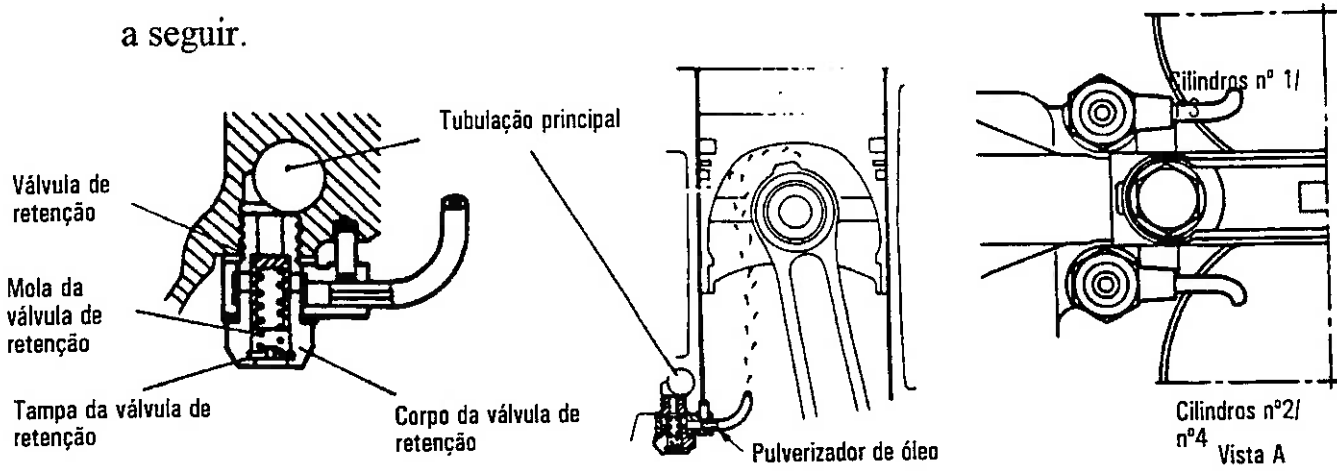


Trata-se de um filtro combinado, projetado com um elemento duplo, que por sua vez funciona como filtro principal e filtro de desvio na mesma carcaça. A maior parte do óleo passa através do elemento de fluxo total e flui para o motor. Uma pequena quantidade de óleo passa através do filtro de desvio, onde a filtragem é mais depurada e retorna diretamente ao reservatório de óleo.

### - Pulverizador de óleo

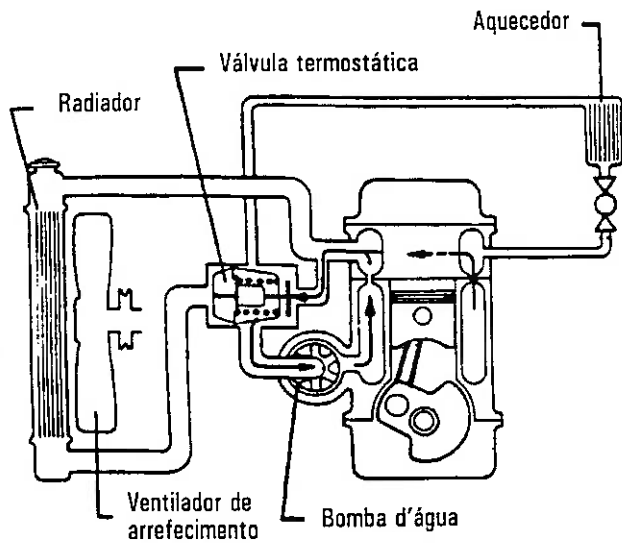
Quando a pressão do óleo fornecido pela tubulação principal sobe ao valor especificado, a válvula de retenção se abre e o pulverizador esguicha

óleo na parte inferior do êmbolo, com a finalidade de resfriá-lo. Vide figura a seguir.

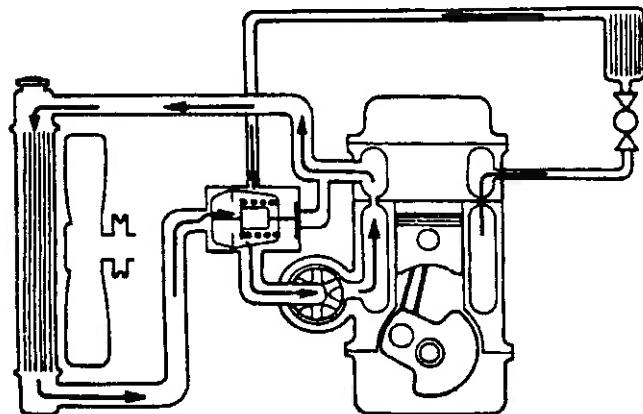


*- Sistema de arrefecimento*

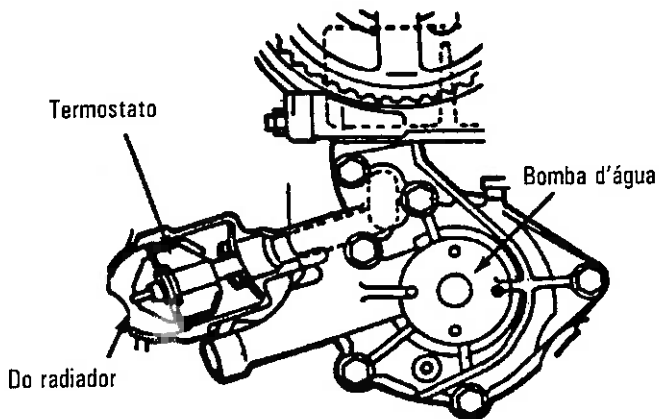
Frio



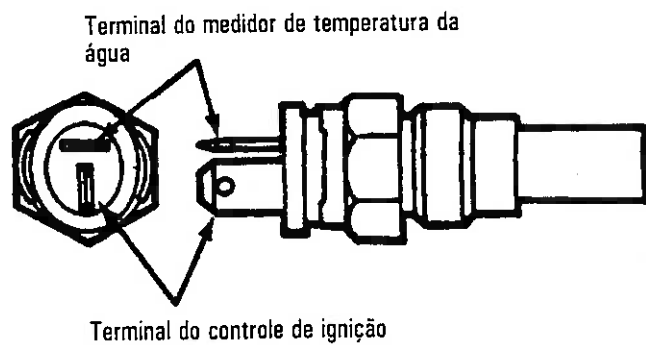
Quente



Bomba d'água



Sensor de temperatura da água



O sistema de arrefecimento é do tipo água sob pressão com bomba de água centrífuga. Também serve como controle de entrada e desvio, permitindo um tempo curto para o aquecimento do motor.

O ventilador é do tipo de acoplamento, acionado simultaneamente pela bomba de água e pela correia da polia da árvore de manivelas.

O lado da entrada do sistema é provido de uma válvula termostática do tipo massa de parafina. A válvula faz com que a entrada para o radiador se feche quando o motor está frio e ao mesmo tempo faz com que se abra o orifício de desvio da carcaça para permitir somente a circulação da água dentro do motor, facilitando o aquecimento. Quando o motor atinge a temperatura de trabalho, a válvula do termostato começa a abrir e ao mesmo tempo o orifício de desvio começa a se fechar. Neste intervalo a água de arrefecimento procedente do radiador entra no motor, controlando assim a temperatura.

*- Especificações :*

Motor Diesel de Alta Rotação

Potência Máxima : 72 CV @ 4200 RPM

Torque Máximo : 15.0 kgf.m @ 2000 RPM

Disposição : 4 cilindros em linha

Capacidade Volumétrica : 2.477 cm<sup>3</sup>

Válvulas : 2 por Cilindro , Comando no cabeçote

- *Vantagens :*

- Durabilidade

- Economia de combustível

- Alta rotação permite maior faixa de utilização e dirigibilidade

- Torque em baixa rotação

- *Desvantagem :*

- Baixos valores de potência e torque máximos , resultando em desempenho considerado fraco pelos consumidores .

## **4. OBJETIVOS**

### ***4.1 NECESSIDADES***

Apesar de ser um motor diesel moderno que emprega tecnologia de ponta, o 4D56 foi considerado fraco pelos usuários dos veículos o qual ele equipa.

Diante desta constatação, foi realizada uma pesquisa junto a estes usuários para melhor entender a amplitude do problema.

O resultado desta pesquisa mostra que a uma parte destes usuários, anteriormente à L200 ou L300, possuíam veículos de passeio com motorização ciclo Otto. Estes usuários estavam então acostumados com motores que ofereciam maiores potência e torque, resultando em bom desempenho do veículo.

Outra parcela dos usuários utiliza a L200 ou L300 como veículos de transporte de passageiros e/ou de carga, seja em sítios e fazendas ou mesmos no perímetro urbano. Logo foi identificado que trata-se de veículos que geralmente estão rodando carregados. Esta carga constante resulta numa resistência ao motor, o que ocasiona as reclamações de desempenho fraco de seus usuários, principalmente os que utilizam o veículo em perímetro urbano, pois desejam boa agilidade frente ao trânsito das cidades.

Fazendo cálculos comparativos de relações de peso, potência e torque, temos:

L200 4X2

Peso : 1330 Kg

Capacidade de Carga : 1100 Kg

Peso Bruto Total : 2430 Kg

Peso / potência : 18,5 Kg/CV (veículo vazio)

33,75 Kg/CV (veículo carregado)

Peso / torque : 88,67 Kg/kgf.m (veículo vazio)

162 Kg/kgf.m (veículo carregado)

L300 Minibus

Peso : 1440 Kg

Capacidade de Carga : 960 Kg

Peso Bruto Total : 2400 Kg

Peso / potência : 20,0 Kg/CV (veículo vazio)

33,33 Kg/CV (veículo carregado)

Peso / torque : 96,0 Kg/kgf.m (veículo vazio)

160 Kg/kgf.m (veículo carregado)

Para comparação, consideraremos um veículo de passeio de porte médio:

Potência : 85 CV

Torque : 14.0 kgf.m

Peso : 1200 Kg

Capacidade de Carga : 5000 Kg

Peso Bruto Total : 1700 Kg

Peso / potência : 14,1 Kg/CV (veículo vazio)

20,00 Kg/CV (veículo carregado)

Peso / torque : 85,7 Kg/kgf.m (veículo vazio)

121,4 Kg/kgf.m (veículo carregado)

Vemos que em comparação a um veículo de passeio, realmente nossos veículos oferecem relações de peso / potência e peso / torque muito elevados, tanto vazio como carregado, o que na prática significa desempenho fraco.

É decidido então que é preciso elevar os valores de potência e torque do motor 4D56, obviamente não com o intuito de equipará-lo a motores ciclo Otto de veículos de passeio, mas para oferecer um desempenho mais satisfatório aos veículos que ele equipa, e que fica assim mais a gosto do consumidor brasileiro.

## **4.2 OPÇÕES E COMPARAÇÕES**

Identificado o problema, consultamos a matriz Mitsubishi no Japão para o desenvolvimento de uma solução.

São propostas duas alternativas: aumento da capacidade cúbica do motor (cilindrada) e instalação de Turbocompressor.

Após análise em conjunto com a matriz japonesa, identificamos os seguintes pontos relevantes:

### Aumento da capacidade do motor (cilindrada)

- Necessidade de aprovação da matriz ao novo projeto.
- Necessidade de redimensionamento de todos os componentes do motor, inclusive bloco do motor.
- Alto custo, envolvendo a linha de produção de motores da matriz japonesa, devido à impossibilidade de realização deste trabalho na filial no Brasil.
- Estimado um aumento demasiado do consumo de combustível

### Instalação de Turbocompressor

- Motor original ser superdimensionado para suportar maior carga gerada pelo turbo, comprovada pela matriz japonesa.
- Estimado baixo aumento do consumo de combustível
- Necessita de redimensionamento de poucas peças do motor
- Custo final de um Turbo resulta em bom custo/benefício

Diante destas constatações, a decisão é a instalação de turbocompressor.

Continuando o estudo com a matriz japonesa, são selecionadas as seguintes opções:

- Turbo original Mitsubishi, montado na linha de montagem de motores da matriz japonesa.
- Turbo nacional, marca LARUS, com possível montagem na própria MMC Automotores do Brasil S.A.

O próximo passo então é a seleção do turbocompressor mais adequado, considerando:

- Análise de potência, torque e consumo.
- Análise de ganhos de potência e torque e custos envolvidos, relação custo/benefício.

Montamos a seguinte tabela comparativa com resultados do motor com Turbo Larus adquiridos em dinamômetro, teste realizado na matriz japonesa com motor com Turbo Larus montado e enviado pela filial brasileira, em comparação com um motor com turbo original Mitsubishi.

	SEM TURBO	MITSUBISHI	LARUS
Pressão	-	0.8 BAR	0.4 BAR
Custo US\$	-	+ 4000	+ 1200
Potência máx.	72 CV	84 CV	78 CV
+ % Potência	-	16.7 %	8.3 %
Torque máx.	15.0 Kgf.m	20.5 Kgf.m	17.3 Kgf.m
+ % Torque	-	36.7 %	15.3 %
Consumo	12 Km/Litro	10 Km/Litro	11.2 Km/Litro
+ % Consumo	-	16.7 %	6.7 %

Apesar dos resultados obtidos mostrarem valores absoluto de potência e torque maiores que o turbo Larus, existem outros fatores a serem considerados. Para tanto foi usado o seguinte Critério de pesos :

- Custo [x (-5)] : reflete diretamente no preço final do veículo.
- Potência [x 1] : não é essencial para a utilidade destes veículos.
- Torque [x 2] : fator principal para a utilidade destes veículos.
- Consumo [x (-4)] : fator importante por se tratar de veículos para trabalho e refletir na satisfação do cliente.

	MITSUBISHI	LARUS
Custo x (-5)	- 20	- 6
(+ % Potência) x 1	16.7	8.3
(+ % Torque ) x 2	73.4	30.6
Consumo x (-4)	- 66.8	- 26.8
<b>Total</b>	3.3	6.1

Apesar da pequena diferença, o que pesou mais na decisão final a favor do turbo Larus é a possibilidade de montagem na filial brasileira, além de ser possível a opção do comprador decidir por um veículo com ou sem turbo. Se após a compra o usuário mostrar-se insatisfeito, pode ser montado o kit turbo como um acessório.

## 5. DESENVOLVIMENTO

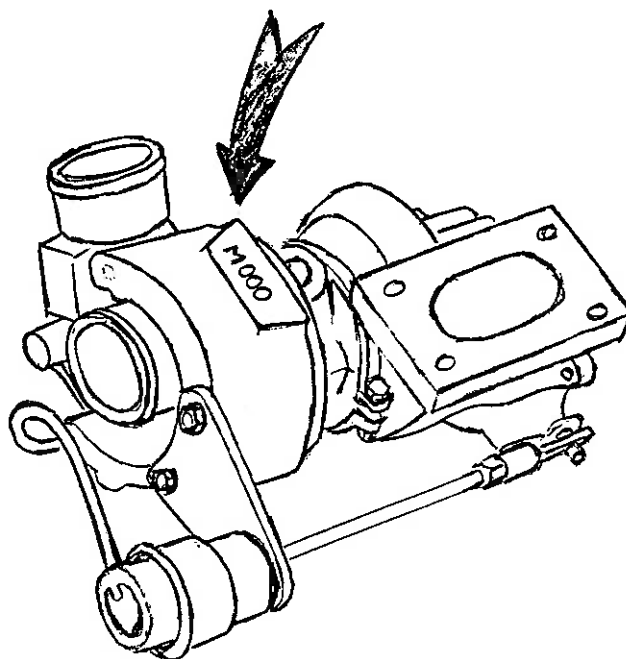
### 5.1 DEFINIÇÃO DOS COMPONENTES

Nesta etapa realizamos um trabalho conjunto com o fabricante Larus, para a definição dos componentes que devem fazer parte do kit Turbo completo para cada veículo, a ser fornecido.

O número do kit é gravado na parte fria do turbo (alumínio), conforme mostra o croqui abaixo.

Além disso é atribuído um código para cada peça, para controle interno e eventuais identificação de peças para reposição.

A listagem de todos os componentes e a vista explodida destes está também no Manual de Montagem do Kit, reproduzido na íntegra no item 5.3



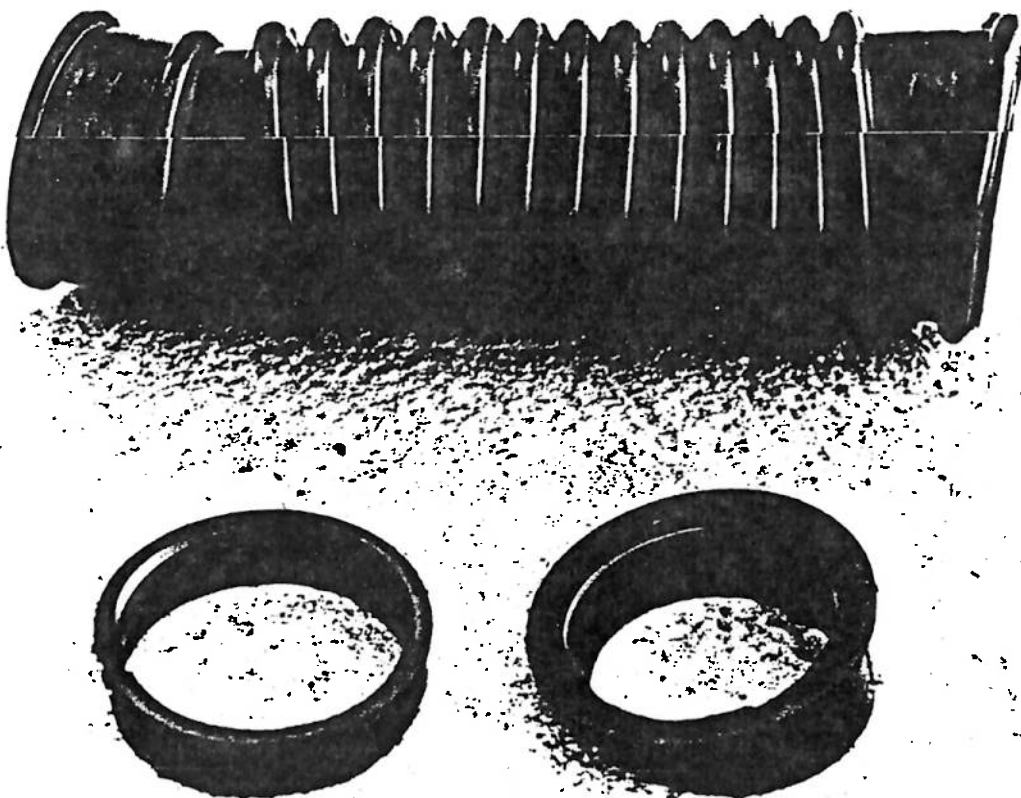
## **5.2 RETRABALHO DE COMPONENTES**

Foram identificados neste estudo apenas duas peças originais do motor: o suporte do filtro de óleo e a mangueira de alimentação. Trata-se de retrabalho fácil destas peças, o que é mais uma vantagem deste kit turbo, uma vez que não encarece o valor da mão-de-obra para a sua montagem completa.

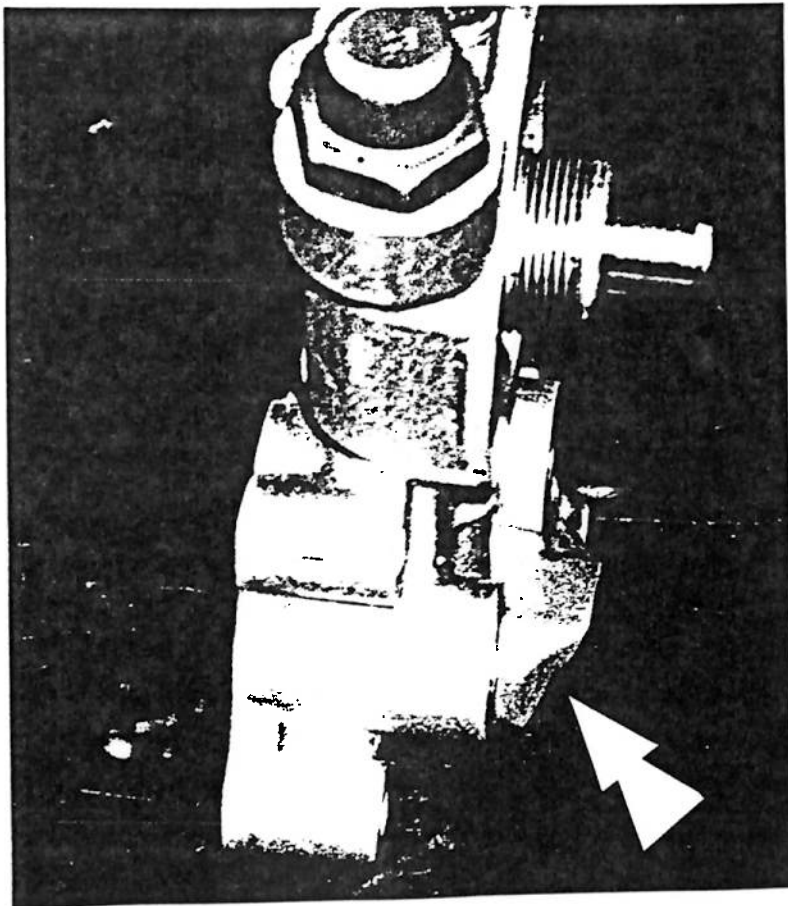
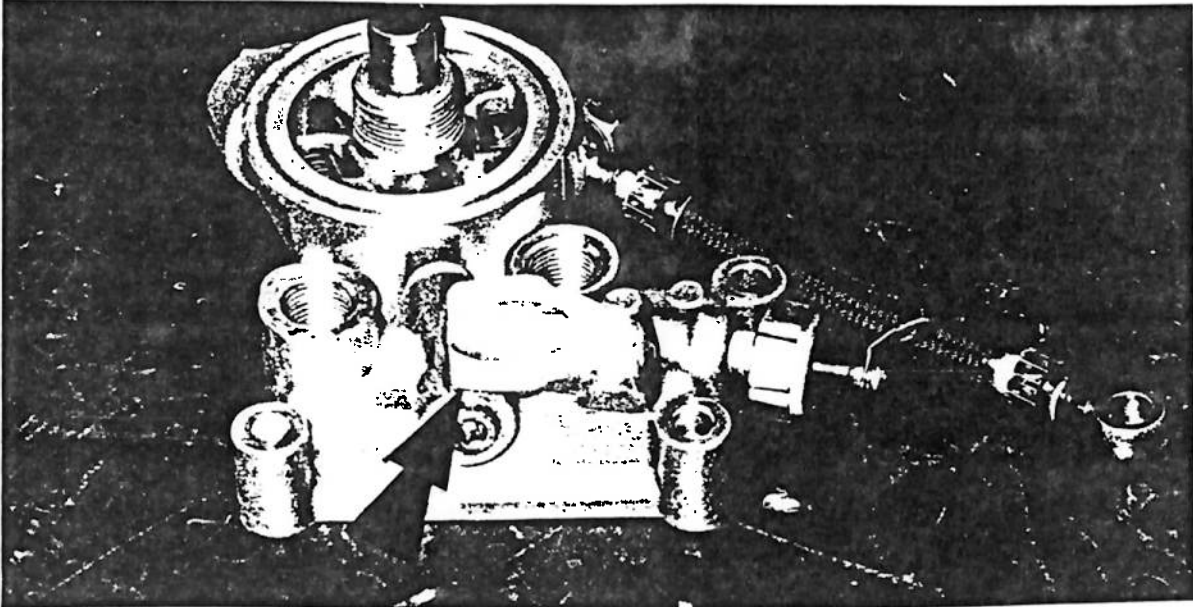
O retrabalho necessário nestas peças está também descrito no Manual de Montagem do Kit, reproduzido na íntegra no item 5.3

A seguir reprodução de fotos de arquivo destes componentes já retrabalhados.

### **1) Mangueira de alimentação**



## 2) Suporte do filtro de óleo



### ***5.3 MANUAL DE MONTAGEM***

Etapa final e mais elaborada deste trabalho, que é a geração de um Manual de Montagem do Kit Turbo, que deve compreender a listagem de todos os componentes, o retrabalho necessário em peças originais, listagem de todas as ferramentas necessárias para a correta execução do trabalho e o procedimento de montagem passo a passo do Kit, incluindo valores de aperto de montagem dos componentes e também recomendações de lubrificantes a serem utilizados.

Este manual foi elaborado a ter uma linguagem clara e objetiva, uma vez que deve fazer parte do Kit Turbo e será distribuído para toda a rede de concessionários do país para a execução do serviço.

A reprodução na íntegra da versão final deste Manual de Montagem encontra-se no Anexo.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após identificado o problema, conseguimos trabalhar em conjunto com a matriz japonesa e com o fabricante nacional Larus para se chegar a um consenso com a aprovação da Matriz.

Os resultados obtidos são considerados satisfatórios, tanto pelo acréscimo de potência e torque, mas principalmente pela satisfação dos clientes que instalaram o kit posteriormente, comprovada por novas pesquisa junto a eles. O principal ponto relatado pelos clientes é o bom custo / benefício com a instalação do turbo.

Este trabalho serviu para demonstrar iniciativa, agilidade e competência da filial brasileira junto à matriz japonesa, que mostrou-se amplamente satisfeita com o trabalho desenvolvido aqui, com total aprovação dela.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Kolchin, A.; Demidov, V.. DESIGN OF AUTOMOTIVE ENGINES, Editora Mir, 1984.

[2] Mitsubishi Motors Corp.. 4D56 DIESEL ENGINE SERVICE TRAINING, Japan, 1996.

[3] MMC Automotores do Brasil S. A.. TECNOLOGIA VEICULAR, Vol.1 e 2, Ed. Futura, São Paulo, 1996.

[4] MMC Automotores do Brasil S. A.. TREINAMENTO E DESENVOLVIMENTO, Ed. Futura, São Paulo, 1996.

**8. ANEXO****MANUAL  
DE  
INSTALAÇÃO*****TURBO  
SOHC-DX***

## Índice

Vista Explodida.....	3
Lista de componentes Cjto turbo SOHC-DX.....	4
Desmontagem do veículo.....	5
Preparação para a montagem.....	6
Montagem do conj. SOHC-DX no veículo.....	7
Montagem do sub-conjunto turbocompressor.....	8
Preparação para funcionamento.....	9
Teste de campo.....	9

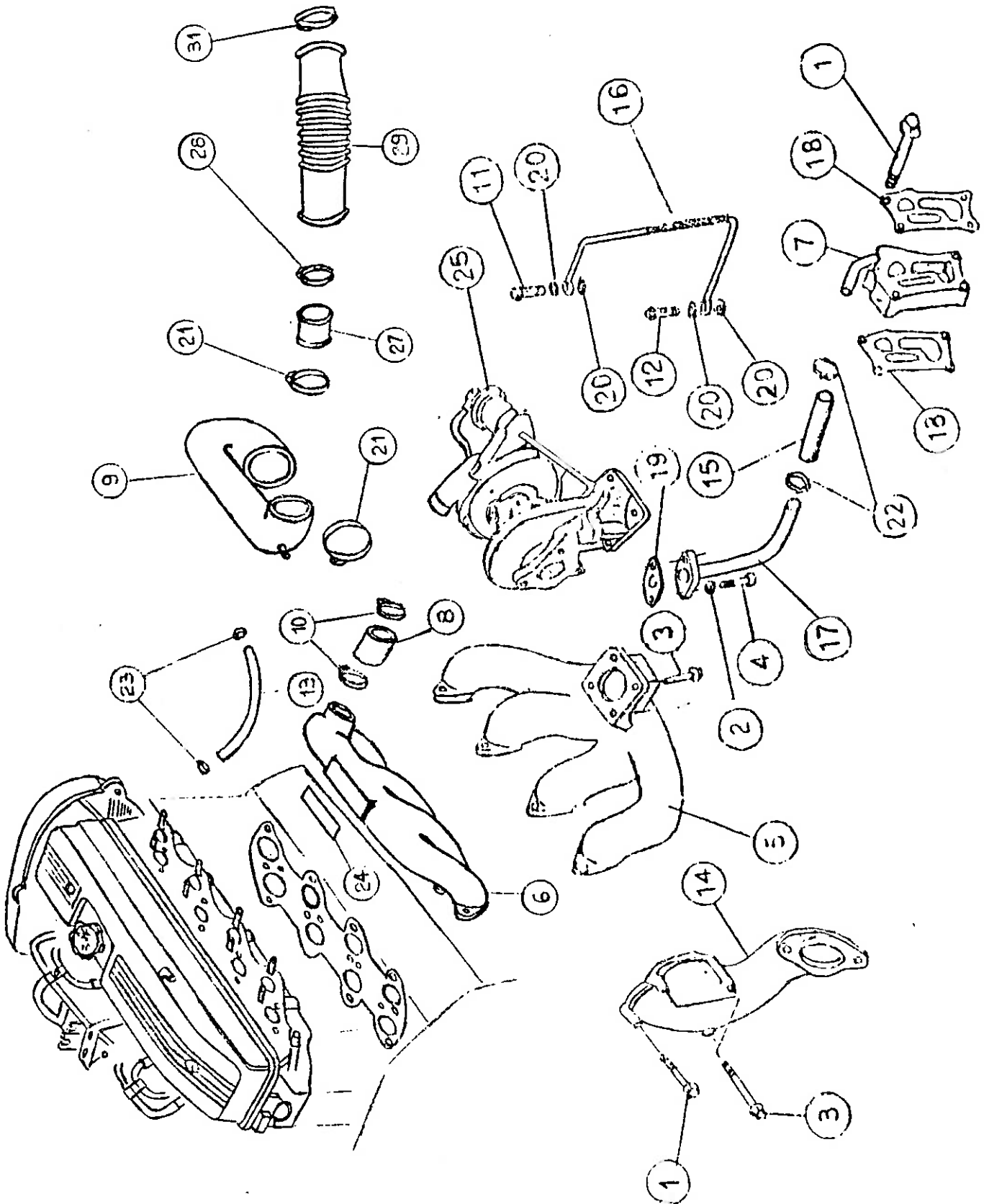


TABELA DE CÓDIGOS DE COMPONENTES CONJUNTO TURBO L300 (AP-119500) SOHC-DX			
item	descrição	qt	código
1	Parafuso sextavado com flange M8x60	5	T93-11860
2	Arruela lisa M6	2	T93-14100
3	Parafuso sextavado com flange M8x50	7	T93-11850
4	Parafuso allen M6x20	2	T93-11620
5	Coletor de escape	1	AK-159401
6	Coletor de admissão	1	AK-159501
7	Flange do filtro de óleo	1	T93-23100
8	Mangueira do coletor de admissão	1	AK-159402
9	Mangueira de alimentação do compressor 2	1	AP-159500
10	Abraçadeira 64	2	T93-15300
11	Parafuso de alimentação do óleo da turbina	1	AV-129406
12	Parafuso de alimentação do óleo da flange	1	T93-11110
13	Mangueira do respiro	1	T93-51300
14	Tubo 1	1	AK-159404
15	Mangueira de retorno do óleo	1	T93-52100
16	Tubo de alimentação do óleo	1	T93-31100
17	Tubo de retorno do óleo	1	AK-129400
18	Junta da flange do filtro de óleo	2	T93-41300
19	Junta do tubo de retorno	1	T93-41200
20	Anel de vedação de cobre	4	T93-41100
21	Abraçadeira 83	2	T93-15400
22	Abraçadeira 27	2	AK-129501
23	Abraçadeira 16	2	AK-129502
24	Etiqueta TURBO SOHC-DX	1	AP-009507
25	Turbo compressor MITSUBISHI	1	AV-159413
26	Folheto de garantia	1	AP-009508
27	Tubo de junção	1	AP-159501
28	Abraçadeira original (*)	1	MF-661134
29	Mangueira de alimentação 1 (lado do filtro) (*)	1	AP-159502
30	Manual de instalação	1	AP-009509
31	Abraçadeira original (lado do filtro de ar) (*)	1	MF-661137
	(*) Itens não fornecidos no conjunto		

## Manual de instalação TURBO SOHC-DX

### DESMONTAGEM DO VEÍCULO

#### ferramentas:

#### Desmontagem:

- estacionar o veículo em local plano, frear e calçar a roda;
- desligar o terminal negativo da bateria;
- retirar a mangueira do filtro de ar;
- retirar a mangueira de respiro do motor;
- retirar o coletor de admissão;
- afrouxar a abraçadeira de fixação do escapamento no bloco;
- retirar o coletor de escape
- retirar os prisioneiros do coletor de escape;
- colocar os prisioneiros no tubo 14;
- trocar o óleo lubrificante;

Kit de ferramentas para montagem	Dimensão mm
canhão	6
Estria combinada	10-11
	14-15
	16-17
	18-19
L	10
Soquete	10
	12
	14
	15
	17
	19
Allen	5

#### Nota:

**Somente trocar o óleo lubrificante se o veículo estiver na quilometragem da troca.**

Recomendamos o uso do óleo Castrol  
GTX2 SAE 20W50 API CD/SH

- Colocar uma bandeja rasa sob o motor para receber o óleo quando o filtro de óleo for removido;
- retirar o filtro de óleo com cuidado;

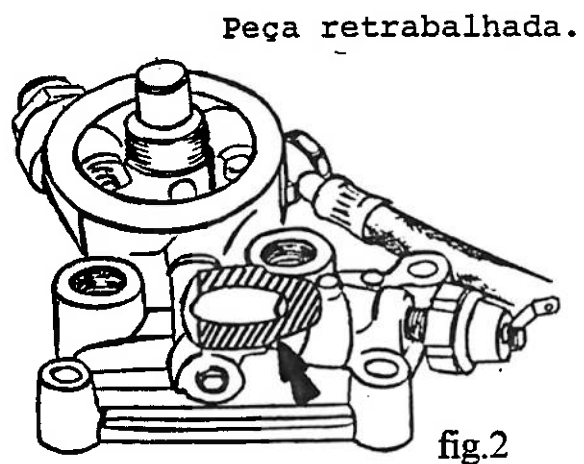
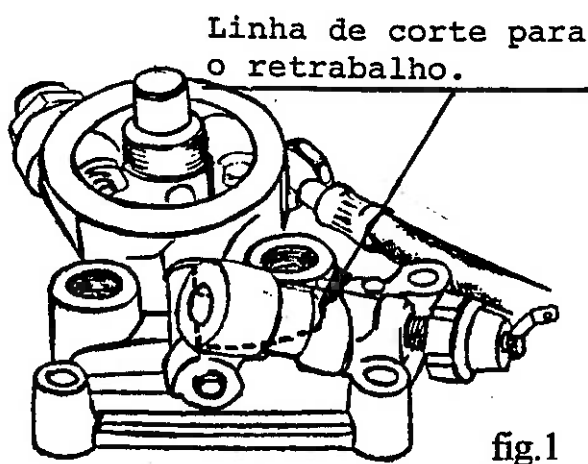
#### Nota:

**Não havendo troca de óleo, usar o mesmo filtro na montagem do kit turbo. Caso haja troca de óleo, colocar filtro novo.**

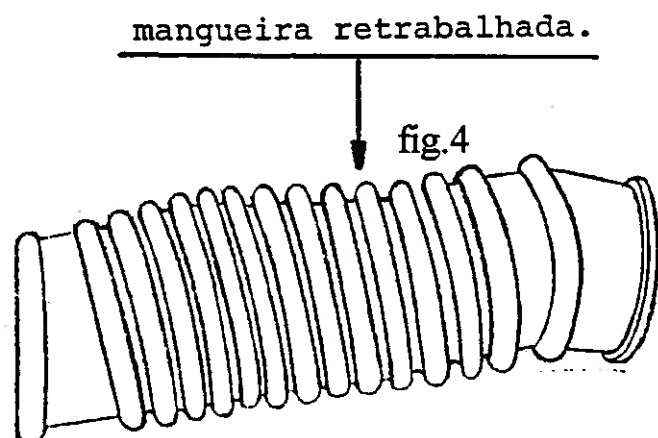
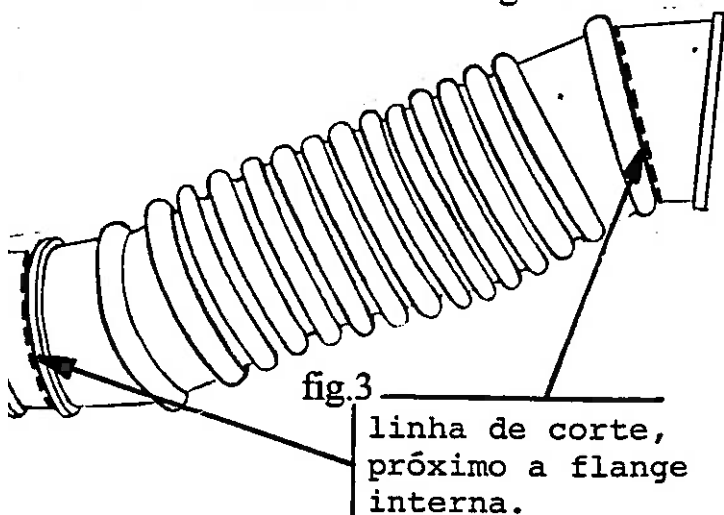
- desligar o sensor de pressão do óleo;
- retirar a conexão de alimentação de óleo da bomba de vácuo;
- retirar o suporte do filtro de óleo.

## PREPARAÇÃO PARA A MONTAGEM

- Verificar se todos os componentes do kit, como recebidos, estão disponíveis;
- limpar a flange do filtro de óleo 7 com ar comprimido;
- limpar o tubo de alimentação do óleo 16 com ar comprimido;
- limpar as mangueiras 8, 9, 13 e 15 com ar comprimido;
- limpar os coletores de admissão 6 e de escape 5 e 14 com ar comprimido;
- retrabalhar o suporte do filtro de óleo, cortando com uma serra conforme fig. 1 e 2 eliminando cantos vivos e rebarbas;



- retrabalhar a mangueira de alimentação, cortando com auxílio de um estilete ou uma faca conforme fig.3 e 4



### **IMPORTANTE !**

- após o retrabalho, limpar cuidadosamente o suporte do filtro de óleo e a mangueira de alimentação com ar comprimido;
- limpar a superfície do bloco do motor na face de assentamento do suporte do

filtro de óleo e a superfície do suporte do filtro de óleo;

### **ATENÇÃO:**

Não usar estopa nem panos que que soltem fiapos para limpeza.

### MONTAGEM DO CONJUNTO SOHC-DX NO VEICULO

- montar a flange do filtro de óleo *7*, entre o suporte do filtro de óleo (retrabalhado) e o bloco do motor, utilizando as juntas *18* e os parafusos *1*;

**torque de aperto 2,5 kgf.m**

- montar o tubo de alimentação *16* na flange, através do parafuso de fixação *12* e as arruelas *20*;

**torque de aperto 1,5 a 2,0 kgf.m**

- montar a conexão de alimentação de óleo da bomba de vácuo;
- ligar o sensor de pressão de óleo;
- montar o filtro de óleo, conforme recomendação constante no Manual de Serviço da MITSUBISHI para o veículo L300;
- montar o coletor de escape *5*, apertando as oito porcas em ordem cruzada, a partir do centro para as extremidades;

**torque de aperto 1,5 a 2,0 kgf.m**

- montar o coletor de admissão *6* no cabeçote;
- colocar o suporte para içamento do motor no último parafuso do coletor de admissão;
- apertar os oitos parafusos originais com ordem de aperto cruzado, a partir do centro para as extremidades do coletor de admissão;

**torque de aperto 1,5 a 2,0 kgf.m**

MONTAGEM DO SUB-CONJUNTO  
TUBO/TURBOCOMPRESSOR

- montar o flange oval do tubo *14* no turbocompressor utilizando os parafusos *1* e *3*;

**torque de aperto 1,5 a 2,0 kgf.m**

- montar o tubo *17* no turbocompressor utilizando a junta *19* e os parafusos *4* com suas respectivas arruelas *2*;
- encaixar o tubo *15* no tubo da flange *7* com as abraçadeiras *22*;
- encaixar a mangueira *8* com as abraçadeiras *10* na saída do compressor;
- limpar as superfícies do flange do turbo e do coletor de escape;
- aplicar junta líquida na face do flange do coletor;
- montar o sub-conjunto turbo/tubo I usando os parafusos *3*;

**torque de aperto 1,5 a 2,0 kgf.m**

- encaixar o tubo *15* no tubo de retorno *17* e apertar as abraçadeiras *22*;
- apertar o flange oval do escapamento no tubo *14* utilizando as porcas originais

**torque de aperto 3,5 a 4,0 kgf.m**

- ajustar a mangueira *8* e suas abraçadeiras *10* e apertalas;
- montar o tubo de alimentação *16* no turbo *25* através do parafuso de alimentação *11*, e as arruelas de vedação *20* (para facilitar a montagem, soltar a haste da válvula de alívio);
- montar a mangueira de alimentação do compressor *9* através da abraçadeira *21*;
- encaixar o tubo de junção *27* na mangueira de alimentação *9* e apertar com a abraçadeira *21*;
- terminar a montagem da mangueira de alimentação utilizando o tubo *29* (original retrabalhado) e as abraçadeiras *28* e *31* (originais);
- montar a mangueira de respiro *13* na tampa de válvulas e na mangueira de

alimentação 9 utilizando através das abraçadeiras 23;

Nota:

Na montagem da mangueira de respiro 13, seguir a sua curvatura normal de moldagem, para evitar que ela se dobre na montagem.

### PREPARAÇÃO PARA O FUNCIONAMENTO

- ligar o terminal negativo da bateria;
- desligar o interruptor de óleo diesel da bomba injetora para o motor não pegar;
- escoar o tubo de alimentação de óleo lubrificante 16, soltando-se o parafuso 11 de alimentação de óleo lubrificante da turbina e movimentando-se o motor na partida;

Nota:

Colocar um vasilhame no terminal para evitar que o motor fique sujo de óleo.

- apertar o parafuso de alimentação da turbina 11;

**torque de aperto 1 a 1,5 kgf.m**

- movimentar o motor pela partida e verificar a pressão do sistema de óleo, observando se a luz indicadora do painel se apaga após o motor se movimentar;
- ligar o interruptor de óleo diesel da bomba injetora;
- funcionar o motor em marcha lenta por 3 minutos e verificar se há vazamentos de óleo em todas as conexões;
- ajustar o débito de óleo diesel, apertando aproximadamente 1/3 de volta no parafuso de débito;
- verificar o nível de óleo lubrificante e completar se necessário.

### TESTE DE CAMPO

- observar o nível de fumaça com o veículo em marcha;

Nota:

O motor não deve fumaçar quando o turbo está pressurizando @ 0,4kg/cm<sup>2</sup> (0,4atmosferas).