

# Índice

<b>1 – Objetivo.....</b>	<b>Página</b>	<b>2</b>
1.1 – Funcionamento do A/C e seus componentes .....	Página	2
<b>2 – Equipamentos para serviço em sistema de A/C .....</b>	<b>Página</b>	<b>9</b>
<b>3 – Procedimentos de substituição de componentes do sistema de A/C .....</b>	<b>Página</b>	<b>10</b>
3.1 – Procedimento de balanceamento de óleo no sistema de A/C .....	Página	11
<b>4 – Falhas prematuras do sistema de A/C .....</b>	<b>Página</b>	<b>12</b>
4.1 – Vazamento .....	Página	12
4.2 – Falha elétrica .....	Página	14
4.3 – Falta de rendimento.....	Página	15
4.4 – Ruído em excesso .....	Página	17
4.5 – Impactos.....	Página	19
<b>5 – Referência bibliográfica .....</b>	<b>Página</b>	<b>19</b>

# 1 – Objetivo

Fornecer informações e metodologia para diagnóstico das principais falhas prematuras em sistemas de ar condicionado (A/C) automotivo, auxiliando o avaliador a realizar um reparo preciso, evitando a substituição desnecessária de componentes.

## 1.1 – Funcionamento do A/C e seus componentes

O objetivo principal do sistema de A/C é proporcionar conforto térmico aos passageiros, através de:

- Controle da temperatura.
- Controle da umidade.
- Redução dos poluentes.

Não só a temperatura, como a umidade relativa e o fluxo de ar influenciam diretamente na sensação de conforto. Pode-se ter a mesma sensação de conforto térmico em diferentes temperaturas devido à diferentes umidades relativas. Locais onde a umidade relativa está alta, torna-se mais difícil a evaporação da sudorese das pessoas, dando uma sensação de “corpo melado” e quente devido a não evaporação da umidade do corpo que também, é responsável por retirada de calor.

Por outro lado, em locais mais quentes com umidade relativa baixa podem propiciar maior conforto térmico devido a retirada de calor do corpo durante a evaporação da sudorese do mesmo. Além das cargas externas (temperatura ambiente, irradiação solar, calor do motor) o A/C deve retirar as próprias cargas que os passageiros dissipam para o ambiente. Por exemplo:

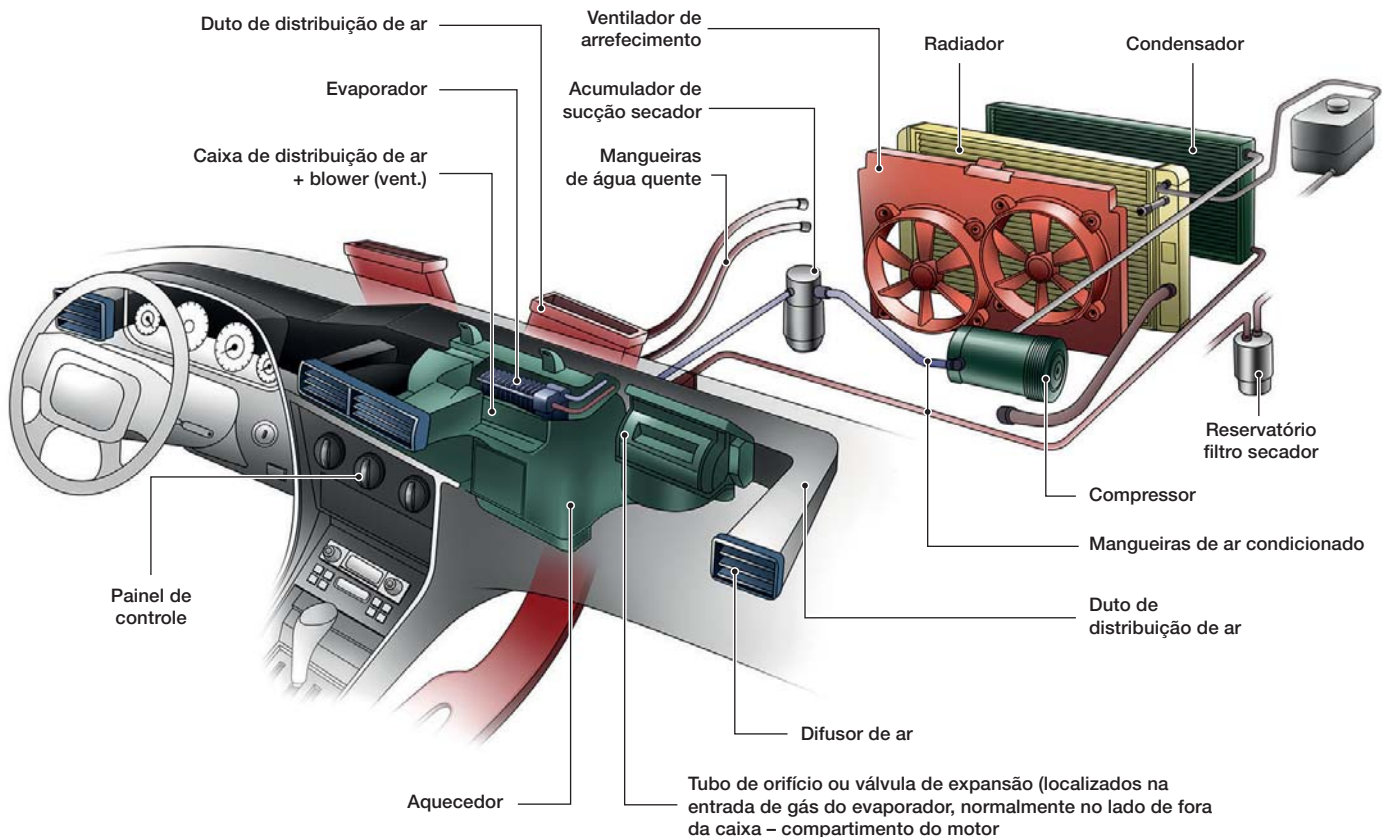
A) 1 Pessoa dirigindo no trânsito de cidade ~ 190 W.

B) 1 Pessoa dirigindo na estrada ~ 120W.

A refrigeração é possível graças às mudanças de estado do refrigerante, ora em estado líquido, ora gasoso, ora uma mistura dos dois estados. O refrigerante absorve calor ao mudar do estado líquido ao gasoso, processo chamado de evaporação. De modo inverso, ao passar do estado gasoso ao líquido, o refrigerante perde calor, processo chamado de condensação. Os refrigerantes são fluido de alto calor latente, ou seja, utilizam grande energia para a mudança de estado.

**Abaixo descreveremos de forma resumida e sequencial o funcionamento do sistema de A/C:**

- 1º Acionamento do botão A/C no painel de controle.
- 2º O sinal do acionamento do botão é enviado à ECM do veículo.
- 3º Através do sinal recebido pelo transdutor de pressão, localizado na tubulação do circuito, a ECM verifica a presença mínima necessária de refrigerante no sistema para o funcionamento do AC.
- 4º Havendo refrigerante na quantidade mínima necessária, a ECM aciona o relê do compressor.
- 5º O relê, por sua vez, aciona a embreagem magnética (E/M) do compressor.
- 6º A E/M acoplada permite o início do funcionamento do compressor, comprimindo o refrigerante através do sistema de A/C.
- 7º O transdutor de pressão monitora a pressão do sistema continuamente, enviando sinais à ECM, que aciona e desliga o eletroventilador conforme necessidade, por vezes, desligando o compressor em casos de alta ou baixa pressão fora dos limites pré-determinados.



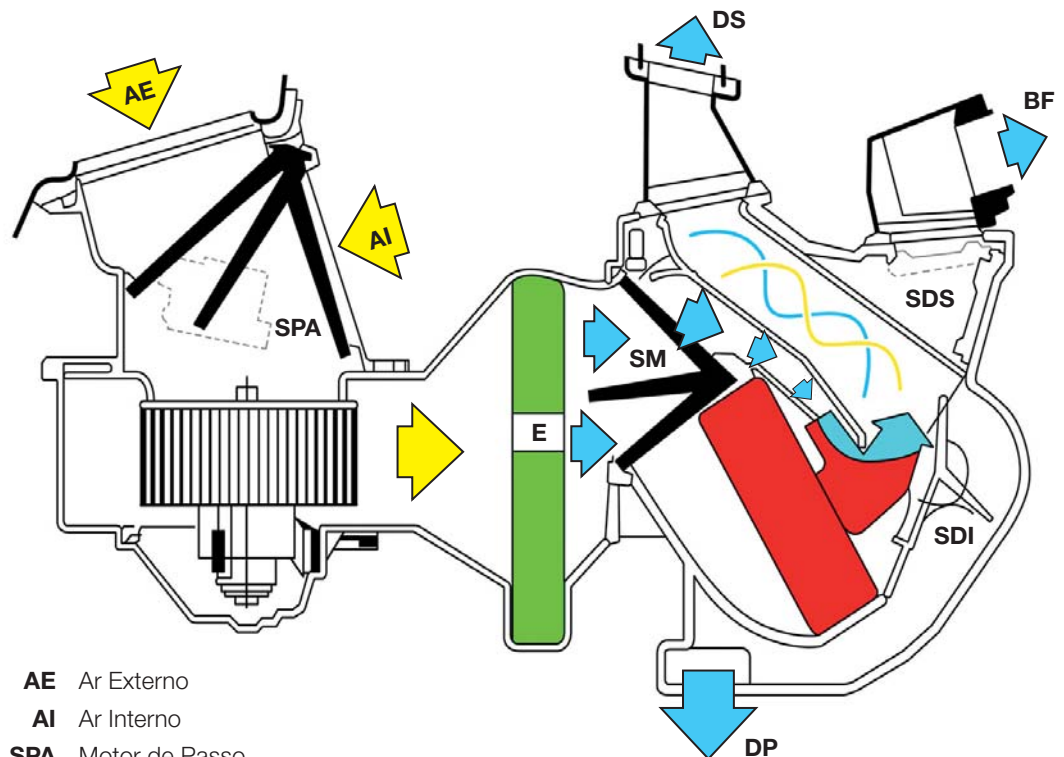
**Diagrama de disposição dos componentes do sistema de A/C (esta disposição varia de veículo para veículo).**

### 1.1.2 – Mangueiras e dutos de gás refrigerante

Normalmente os componentes são interligados com tubos de alumínio e mangueiras de borracha. As partes solidárias que não requerem liberdade de movimento, normalmente são totalmente em alumínio. Porém, quando necessitam de um certo grau de liberdade, devido as movimentações, como: bloco do motor (suspensos em coxins), “front end” com os trocadores normalmente presos por coxins etc, são requeridas mangueiras. Além dos requisitos de vibração e ruído, elas devem prover velocidades mínimas suficientes de condução do gás, para que o óleo seja arrastado e retorne ao compressor. Por outro lado elas não podem proporcionar velocidades muito altas ao gás, para não ocasionarem altas perdas de pressão nas linhas, levando à redução de performance e aumento de consumo. Outros critérios são considerados para o dimensionamento estrutural, como pressão etc.

### 1.1.3 – Caixa de Ar Hvac (Heating Ventilation & Air Conditioning)

A caixa de ar condicionado é conhecido por HVAC (Heating Ventilation & Air Conditioning), composto pelo evaporador, aquecedor e ventilador. Podendo ainda conter um filtro de pólen.



- AE** Ar Externo
- AI** Ar Interno
- SPA** Motor de Passo
- F** Filtro de Cabine
- E** Evaporador
- SM** Válvula de Mistura
- AQ** Aquecedor
- BF** Difusores Frontais
- DS** Desembaçador
- DP** Assoalho

#### **1.1.4 – Evaporador**

O evaporador é o responsável pelo resfriamento do ar, através do fluxo que passa por sua colmeia, condicionado o compartimento do passageiro. Quando o ar esfria, perde calor (energia) para o gás refrigerante (mais frio que o ar) que passa por dentro do evaporador, evaporando o mesmo.

#### **1.1.5 – Aquecedor**

O aquecedor é o responsável pelo aquecimento do compartimento. Ele é posicionado após o evaporador o que ajuda a reduzir a umidade relativa. Tornando o ar com maior potencial de absorção de umidade do compartimento. Utilizando-se este ar quente, através de válvulas (flaps) comandados pelo painel de controle, faz-se a mistura com o ar que vem do evaporador permitindo o ajuste de temperatura do ar na saída dos difusores.

O seu aquecimento é provido pelo sistema de arrefecimento do motor, através de uma derivação das mangueiras de água do sistema de arrefecimento.

Em alguns modelos, existem válvula de fechamento da água que passa pelo aquecedor, para garantir a máxima performance de ar condicionado nas condições de verão.

#### **1.1.6 – Ventilador do compartimento do passageiro (blower)**

Responsável pela movimentação do ar através do filtro, evaporador e aquecedor e, com o auxílio de dutos nas saídas da caixa distribui-se o ar até os difusores, saídas para o pés, saída para o vidro etc.

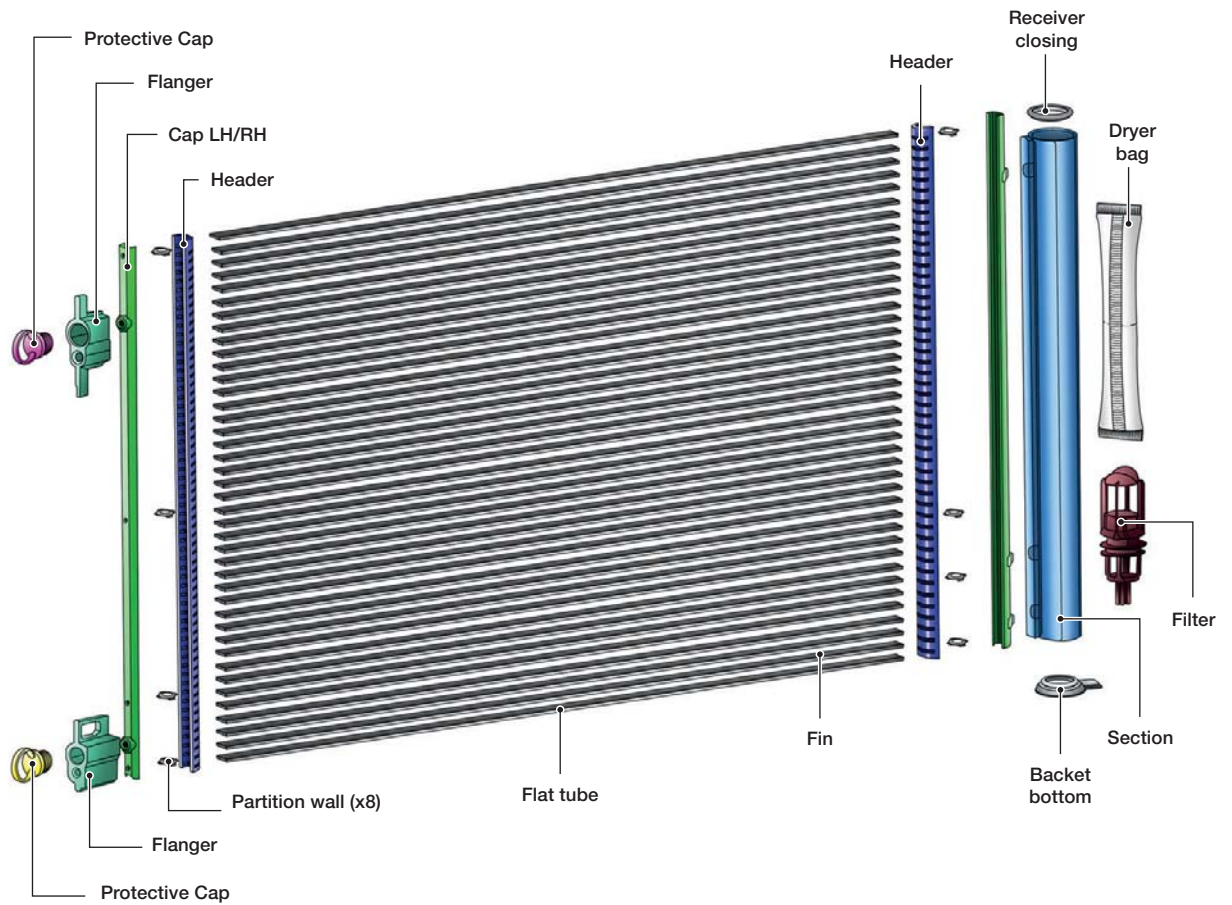
Eles têm diversas velocidades as quais são moduladas através de resistores (comandos mecânicos/manuais) ou PWM (comando eletrônicos ECC).

#### **1.1.7 – Filtro de cabine**

Protege contra irritações e riscos à saúde, entre outras coisas, retém partículas que provocam alergias, como pólen. Efetiva filtração de partículas finas como fuligem, gases de escape, bactérias, etc.. Proteção do Sistema de Ventilação (Aquecimento e A/C).

### 1.1.8 – Condensador

O condensador é o responsável por rejeitar o calor absorvido no evaporador e energia absorvida no trabalho do compressor através da correia. Estes calores são transferidos para o ar (mais frio que o gás) que passa pelas aletas aquecendo o ar e resfriando e condensando o gás. Existem opções de condensadores com filtro secador integrado.

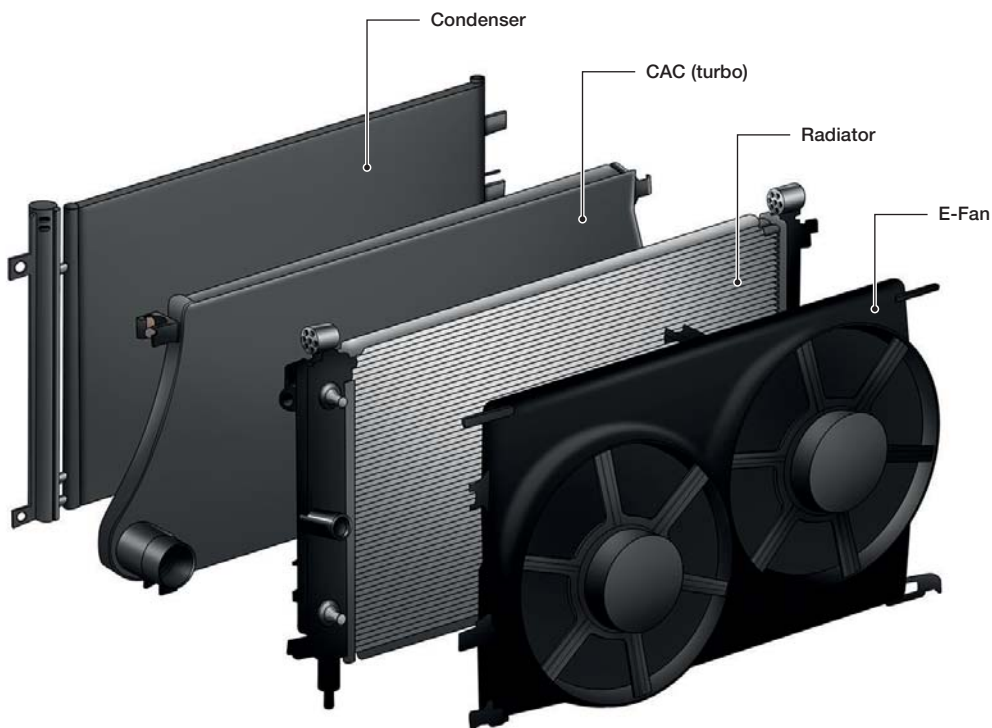


### 1.1.9 – Ventilador de arrefecimento

Normalmente o ventilador de arrefecimento é montado no conjunto radiador/condensador. Ele é o responsável no auxílio de troca de calor nos trocadores através da ventilação forçada.

Os maiores impactos dos ventiladores são nas baixas velocidades, onde a contribuição do vento frontal é muito pouca. Normalmente eles têm mais de uma velocidade, a quais podem ser ajustadas por resistores ou por PWM's.

Existem diversos tipos de aplicações: “dual puller” (ventiladores duplos traseiros), “single puller” (ventilador único traseiro), “pusher-puller” (ventiladores duplos traseiro e frontal) e também diversos tipos de montagens: frontal (pusher), traseira (puller) e central entre radiador e condensador (CMF – Center Mounted Fan ).



### 1.1.10 – Compressor

O compressor pode ser chamado de “coração” do sistema. A função do compressor é a de comprimir o refrigerante que foi succionado na forma gasosa a baixa pressão, liberando-o na forma gasosa a alta pressão, além da função de circulação do gás através do sistema.

A elevação da pressão é fundamental para o processo de expansão e refrigeração e, para que possa ocorrer a rejeição de calor no condensador.





## 2 – Equipamentos para serviço em sistema de A/C

Existem alguns equipamentos que são essenciais para o diagnóstico e manutenção do sistema de A/C, são eles:

- Conjunto de manômetros para baixa e alta pressão.
- Bomba de vácuo.
- Balança para medição da quantidade de refrigerante do sistema.
- Cilindro com R134a.
- Equipamento para verificação de vazamentos de fluido refrigerante (contraste e luz ultravioleta).
- Termômetro portátil.
- Multímetro.
- Estação semi-automática de recuperação, reciclagem, evacuação e carregamento de R134a.



Multímetro



Manifold



Termômetro



Óculos



"Sniffer"



Estação recicladora

## 3 – Procedimentos de substituição de componentes do sistema de A/C

**Segue abaixo tópicos sequenciais para a substituição ou manutenção correta dos componentes do sistema e A/C:**

- 1º** Aguardar 30 minutos com o A/C desligado, para resfriamento dos componentes, e decantação do óleo.
- 2º** Conectar a recicladora de R134a às tubulações da alta e baixa pressão.
- 3º** Recuperar o refrigerante somente pela linha de baixa pressão, minimizando o arraste de óleo do sistema.
- 4º** Desmontar a peça, e atenção para manter o sistema aberto o mínimo de tempo possível. Aconselha-se tapar as mangueiras durante a substituição, para também evitar perdas de óleo.
- 5º** Realizar o procedimento de balanceamento de óleo (vide item 3.1), esse procedimento não deve ser realizado em caso de travamento abrupto do compressor, pois o mesmo precisará ser substituído e os compressores MAHLE já possuem a carga nominal de lubrificante recomendada para o sistema de A/C. Nesse caso o óleo estará contaminado com limalhas (coloração escura), portanto se recomenda a realização da limpeza total do sistema ("flushing") através da passagem do gás R141b. Também se recomenda revisar o condensador, pois em casos onde a sua limpeza não é possível se recomenda a sua substituição.
- 6º** Após montagem do novo componente, realizar vácuo a 28 mmHg no sistema pelas linhas de alta e baixa por 10 minutos. Aguardar e verificar se nos manômetros haverá acréscimo de pressão. Em caso positivo, realizar verificação de vazamentos no sistema, e corrigir. Em caso negativo, realizar mais 30 minutos de vácuo, para garantir que o máximo de umidade no sistema seja removida.
- 7º** Finalizado o período de vácuo, fazer a carga nominal no sistema somente pela linha de alta pressão, evitando a entrada R134a na forma líquida na sucção do compressor (o que pode danificar os componentes internos por calço-hidráulico).

## 3.1 – Procedimento de balanceamento de óleo no sistema de A/C

Para a manutenção da quantidade de óleo no sistema é necessário realizar o balanceamento de óleo sempre que ocorre a substituição de componentes do sistema de A/C. É importante salientar que o óleo compatível com o refrigerante R134a é o óleo sintético PAG (Polyalkylene Glycol) UCON 897.

### 3.1.1 – Compressor

- 1º Escoar o óleo lubrificante do compressor retirado do carro e do novo compressor a ser instalado no veículo.
- 2º Medir a quantidade de óleo dos dois compressores.
- 3º Se a quantidade removida do compressor usado for menor que 30 ml, adicionar 60ml de volta ao novo compressor a ser instalado no veículo.
- 4º Se a quantidade removida do compressor usado for maior de 30 ml, adicionar esta mesma quantidade (do óleo novo) ao novo compressor a ser instalado no veículo.

**Observação:** Nunca utilizar o óleo do compressor usado no compressor novo.

### 3.1.2 – Evaporador

- 1º Na troca do evaporador, adicionar 90 ml de óleo PAG à peça nova.

### 3.1.3 – Condensador

- 1º Adicionar 30 ml.

**Observação:** Alguns veículos possuem o filtro secador montado junto ao condensador. Na troca do conjunto completo, considerar também a quantidade do filtro secador.

### 3.1.4 – Filtro secador

- 1º Adicionar 15 ml. Veja “Observação” do item condensador.

### 3.1.5 – Mangueiras ou tubos com abafador (muffla)

- 1º Escoar o óleo da peça, se a quantidade for maior de 15 ml, adicionar 15 ml de óleo novo. Se for menor, não é necessário adicionar nada.

**Observação:** O óleo PAG é altamente higroscópico, ou seja, absorve água com muita facilidade. Por este motivo, o frasco de óleo deve ser mantido sempre fechado, e se possível, utilizá-lo até o fim ao abrir uma embalagem.

## 4 – Falhas prematuras do sistema de A/C

### 4.1 – Vazamento

**Defeito apresentado no veículo:**

A/C não refrigera o ar.

**Aspectos:**

**4.1.1 – Em alguns casos, dependendo do nível do vazamento, existe a fuga de óleo.**

**4.1.2 – Teste de medição de pressões de entrada (sucção) e de saída (descarga), onde as pressões lidas estariam fora das especificações normais de trabalho:**

Entrada: 21 a 43 psig

Saída: 150 a 250 psig

**4.1.3 – No teste de medição da temperatura de saída do ar pode-se constatar que o mesmo não está sendo refrigerado dentro das especificações da tabela:**

Tabela de temperatura				
Temp. externa ao veículo (°C)	20	25	30	35
Temp. nos difusores (°C) valor médio	6 - 8	8 - 10	8 - 12	9 - 14

**4.1.4 – Realizar a verificação de vazamento com utilização de contraste. Para tanto, recuperar a carga de refrigerante, fazer vácuo no sistema, e adicionar um frasco de contraste (corante fluorescente) ao fazer nova carga de refrigerante. Ligar o veículo e sistema de A/C por no mínimo 10 minutos, para que o contraste possa preencher todo o sistema. Com auxílio de uma lâmpada ultravioleta (luz negra), fazer a verificação visual do sistema. Maiores detalhes vide procedimentos do item 3.**

**Observação:** Para melhorar a visualização de possíveis pontos de vazamento, recomenda-se utilização de óculos com lentes âmbar.

**Configuração do sistema para teste do A/C:**

- 1º Posicionar o botão de temperatura em máximo frio.
- 2º Posicionar o ventilador na velocidade 1.
- 3º Fechar a entrada de ar externo, colocando na posição recírculo.
- 4º Ajustar o botão de direcionamento de ar na posição frontal.
- 5º Ligar o veículo em marcha lenta.

#### **4.1.5 - O compressor não entra em funcionamento.**

**Observação:** Atenção para não realizar intervenções no sistema antes da detecção do ponto real de vazamento, como soltar conexões, substituir vedações, verificar torque nos parafusos de fixação das mangueiras ou compressor, pois isto poderá descaracterizar a falha e tornar o diagnóstico impreciso.

#### **Causas:**

**4.1.1 ao 4.1.4** – Fuga do gás e/ou óleo através dos componentes: conexões, mangueiras, tubos, condensador, evaporador, compressor etc.

**4.1.5** – Pode ser indício de falta de refrigerante no sistema, onde um dos dispositivos mencionados impede o acionamento do compressor, evitando danos ao componente (ex: travamento por falta de lubrificação).

#### **Correções:**

**4.1.1 ao 4.1.4** – Identificar o local de vazamento através da aplicação de spray de sabão (espuma) aos pontos de conexão das mangueiras, incluindo a válvula de expansão térmica (TXV), e juntas de vedação do compressor, observar a formação de bolhas e substituir o componente danificado.

**4.1.5** – Dar uma nova carga de gás e identificar o vazamento.

## 4.2 – Falha elétrica

### **Defeito apresentado no veículo:**

A/C não refrigera o ar.

### **Aspectos:**

#### **4.2.1 – Teste de medição da resistência da bobina de acionamento da embreagem do compressor conforme tabela:**

Temperatura	Resistência (Ohms)
20 °C	3,32 – 3,52

**Observação:** Utilizar sempre um multímetro para a medição da resistência da bobina, não se recomenda testes realizados com alimentação diretamente da bateria do veículo, pois esse procedimento poderia causar a queima da bobina.

#### **4.2.2 – Conjunto de acoplamento (polia, bobina e embreagem) com sinais de superaquecimento com compressor possivelmente não girando livremente.**

#### **4.2.3 – Compressor e conjunto de acoplamento em perfeito estado de funcionamento.**

### **Causas:**

#### **4.2.1 – As possíveis causas são: bobina aberta, fusível térmico rompido e diodo em curto.**

#### **4.2.2 – Sistema de A/C sem a carga de gás conforme especificação, gás não recomendado para o sistema e problema interno no compressor.**

#### **4.2.3 – Nesse caso a falha estaria relacionada a agentes externos ao sistema de A/C do veículo.**

### **Correções:**

#### **4.2.1 – Troca da bobina.**

#### **4.2.2 – Troca do compressor, seguir procedimentos do item 3.**

#### **4.2.3 – Revisar agentes externos ao sistema de A/C a fim de identificar o problema.**

## 4.3 – Falta de rendimento

### **Defeito apresentado no veículo:**

A/C não refrigera o ar.

### **Aspectos:**

Teste de medição de pressões de entrada (sucção) e de saída (descarga), onde as pressões lidas estariam com as seguintes leituras:

**4.3.1 – B.P. = Normal; A.P. = Normal**

**4.3.2 – B.P. = Alta; A.P. = Normal ou Baixa**

**4.3.3 – B.P. = Baixa; A.P. = Normal ou Alta**

**4.3.4 – B.P. = Normal ou Alta; A.P. = Alta**

**4.3.5 – B.P. = Normal ou Baixa; A.P. = Baixa**

**4.3.6 – B.P. = Alta; A.P. = Baixa**

### **Configuração do sistema para teste do A/C:**

- 1º Posicionar o botão de temperatura em máximo frio.
- 2º Posicionar o ventilador na velocidade 1.
- 3º Fechar a entrada de ar externo, colocando na posição recírculo.
- 4º Ajustar o botão de direcionamento de ar na posição frontal.
- 5º Ligar o veículo em marcha lenta.

**Observação:** B.P. - Linha de Baixa Pressão; A.P - Linha de Alta Pressão.

### **Causas:**

**4.3.1 – Infiltração de ar quente no interior da caixa evaporadora ou do veículo, infiltração de água quente no interior do aquecedor e posterior passagem de ar quente para o interior do veículo ou congelamento do evaporador, bloqueando o fluxo de ar.**

**4.3.2 – Embreagem do compressor patina ou não acopla corretamente, válvula de expansão travada aberta, válvula de controle do compressor danificada ou defeituosa ou compressor danificado ou defeituoso .**

**4.3.3 – Termostato defeituoso, válvula de expansão travada fechada ou obstruída, filtro secador saturado de umidade ou danificado ou obstrução no ramo de alta pressão antes do evaporador.**

- 4.3.4 – Situação normal com temperatura externa alta ( $t > 40\text{ °C}$ ), excesso de refrigerante no sistema (30 – 35% a mais), superaquecimento no condensador, presença de ar externo no sistema de A/C ou obstrução no ramo de A.P após ponto de leitura A.P.
- 4.3.5 – Situação normal com temperatura externa baixa ( $t < 5\text{ °C}$ ), baixa carga de refrigerante no sistema (70 – 75% a menos), válvula de expansão travada fechada ou obstruída, obstrução na linha de A.P. antes do ponto de leitura de A.P. ou compressor danificado.
- 4.3.6 – Falta a correia do compressor, embreagem do compressor não acopla ou compressor danificado.

**Correções:**

- 4.3.1 – Revisar a caixa de ar para identificar possíveis entradas de ar quente no sistema. Verificar possível congelamento do evaporador.
- 4.3.2 – Substituir a bobina, substituir a válvula de expansão, substituir a válvula de controle (válvula torre) ou substituir compressor.
- 4.3.3 – Substituir termostato, substituir válvula de expansão, substituir filtro secador ou substituir a mangueira de alta pressão.
- 4.3.4 – Realizar cargas de gás dentro da especificação do fabricante, substituir o condensador ou substituir a mangueira de alta pressão.
- 4.3.5 – Realizar cargas de gás dentro da especificação do fabricante, substituir válvula de expansão, substituir a mangueira de alta pressão ou substituir o compressor.
- 4.3.6 – Colocar a correia, substituir a bobina ou substituir o compressor.



## 4.4 – Ruído em excesso

### **Defeito apresentado no veículo:**

Ruído em excesso gerado pelo sistema de A/C.

### **Aspectos:**

#### **4.4.1 – Compressor Desligado:**

- Polia e/ou embreagem danificada.
- Desgaste do rolamento da polia.
- Presença de material externo entre as superfícies da polia e do embreagem.

#### **4.4.2 – Compressor ligado:**

**4.4.2.1 – Falta ou excesso de refrigerante e/ou óleo no sistema.**

**4.4.2.2 – Baixa voltagem na embreagem do compressor.**

**4.4.2.3 – Mangueiras e tubos interferindo com a carroceria ou outros componentes em pontos não previstos no projeto do veículo.**

**4.4.2.4 – Suporte danificado e/ou falta de torque nos parafusos de fixação do compressor ao suporte e/ou do suporte ao motor.**

**4.4.2.5 – Polia tensora com defeito ou tensão da correia fora do especificado.**

**4.4.2.6 – Compressor danificado ou defeituoso.**

### **Configuração do sistema para teste do A/C:**

- 1º Posicionar o botão de temperatura em máximo frio.
- 2º Posicionar o ventilador na velocidade 1.
- 3º Fechar a entrada de ar externo, colocando na posição recírculo.
- 4º Ajustar o botão de direcionamento de ar na posição frontal.
- 5º Ligar o veículo em marcha lenta.

**Causas:**

**4.4.1 – Presença de batidas na polia, contaminação por sujeira no rolamento e sujeira entre a polia e a embreagem.**

**4.4.2.1 – Carga de gás e/ou óleo fora do especificado.**

**4.4.2.2 – Baixa tensão de acionamento da bobina (provável causa, alimentação da bateria ineficiente).**

**4.4.2.3 – Adaptações em mangueiras e demais componentes do sistema de A/C.**

**4.4.2.4 – Suporte danificado e/ou torque de fixação dos componentes fora do especificado.**

**4.4.2.5 – Polia e/ou esticador de correia danificado.**

**4.4.2.6 – Compressor danificado etc.**

**Correções:**

**4.4.1 – Substituição da polia ou limpeza da sujeira entre polia e embreagem.**

**4.4.2.1 – Realizar cargas de gás e óleo dentro das especificações dos fabricantes.**

**4.4.2.2 – Revisar o funcionamento da bateria e do alternador do veículo.**

**4.4.2.3 – Utilizar componentes projetados para o sistema de A/C do veículo.**

**4.4.2.4 – Substituir o suporte danificado e/ou apertar os parafusos de fixação.**

**4.4.2.5 – Substituir a polia e/ou o esticador de correia danificado.**

**4.4.2.6 – Substituir o compressor danificado.**

**Observação:** Após substituição de componentes, e execução do procedimento descrito acima, reavaliar o ruído no sistema de A/C, seguindo novamente a sequência de diagnóstico.

## 4.5 – Impactos

### **Defeito apresentado no veículo:**

- Ruído em excesso gerado pelo sistema de A/C.
- A/C não refrigera o ar.

### **Aspectos:**

- Quebra de componentes, como por exemplo: polia, embreagem, carcaça, válvulas etc.
- Marcas de impactos, como por exemplo amassados, riscos, embalagem do produto danificada etc.

### **Causas:**

- Manuseio inadequado do produto.
- Quedas ou batidas sofridas durante a instalação ou transporte do produto.

### **Correções:**

- Substituir a peça avariada por um componente original MAHLE.
- Evitar impacto do produto.

## 5 – Referência bibliográfica

SACAMOTO, Flavio. Apostila de treinamento em sistemas de ar condicionado automotivo, 2004, 1ª Edição.

# Anotações