

**MAHLE**



Gerenciamento térmico  
em veículos elétricos  
e híbridos

**BEHR**<sup>®</sup>

# Índice

## Introdução

---

Qual é a importância das tecnologias elétricas e híbridas para as oficinas? 04

## Visão geral das tecnologias híbridas

---

Comparação 05

## Sistemas de alta tensão em veículos elétricos

---

Funcionamento 07

Descrição dos componentes 10

## Regras básicas para manutenção de veículos elétricos e híbridos

---

Dicas práticas 14

## Climatização da cabine

---

Noções básicas 15

## Compressor de ar-condicionado de alta tensão

---

Funcionamento 16

## Gestão de temperatura da bateria

---

Comparação 17

## Capacitação adicional para reparos em veículos elétricos e híbridos

---

Informações úteis 20

## Dicas para a oficina

---

Manutenção preventiva de veículos elétricos e híbridos 21

Socorro mecânico, reboque e remoção de veículos elétricos e híbridos 21



# Introdução

## Qual é a importância das tecnologias elétricas e híbridas para as oficinas?

Em 2018, foram vendidos 2,1 milhões de veículos elétricos e híbridos *plug-in* (híbridos elétricos recarregáveis) no mundo todo, ultrapassando pela primeira vez a marca dos 2 milhões. Com isso, sua fatia de mercado subiu para 2,4% de todos os novos licenciamentos, com tendência a continuar crescendo (fonte: Center of Automotive Management). Na Noruega, sua participação de mercado já chega a cerca de 50%!

De acordo com a Agência Internacional de Energia (AIE), o crescimento da mobilidade elétrica e híbrida é impulsionado, sobretudo, por programas governamentais como comissões de vendas, proibições locais do tráfego de automóveis com motores de combustão ou metas de melhoria da qualidade do ar. A organização considera os veículos elétricos como uma das muitas tecnologias de propulsão modernas que nos permitirão, a longo prazo, atingir as metas de sustentabilidade de redução de emissões.

Segundo um estudo da consultoria de gestão PricewaterhouseCoopers, em 2030, um terço dos novos veículos licenciados na Europa serão automóveis elétricos. Nesse cenário, não restam mais dúvidas sobre a real consolidação no mercado dos veículos com tecnologias elétricas e híbridas ou movidos a hidrogênio. Pelo contrário: logo eles farão parte da vida cotidiana nas nossas ruas.

Esses veículos também exigem manutenção e reparos, o que elevará a complexidade do gerenciamento térmico. Nesse contexto, o controle de temperatura da bateria e da eletrônica de potência desempenha um papel tão importante quanto o aquecimento e o resfriamento da cabine do veículo.

Os componentes de climatização também são necessários nessas modalidades de propulsão e até ganham maior relevância, já que o sistema de ar-condicionado muitas vezes tem influência direta ou indireta sobre o resfriamento das baterias e dos circuitos eletrônicos.

Sendo assim, a manutenção dos sistemas de climatização terá um papel ainda mais essencial no futuro.



## Informação importante de segurança

As informações técnicas e dicas práticas a seguir foram elaboradas para auxiliar as oficinas mecânicas no seu trabalho profissional. As informações disponibilizadas aqui só devem ser utilizadas por profissionais especializados e capacitados na área.

# Visão geral das tecnologias híbridas

## Comparação

*Por definição, o conceito de “híbrido” designa uma mistura ou combinação. Na tecnologia automotiva, ele se refere a um veículo dotado de motor de combustão com tecnologia convencional de propulsão combinada a elementos de um veículo elétrico.*

*A tecnologia híbrida tem três níveis crescentes de complexidade: tecnologia micro-híbrida, híbrida leve (mild hybrid) e híbrida completa (full hybrid). Apesar das diferenças técnicas, todas as tecnologias têm em comum que a bateria utilizada é recarregada pela recuperação da energia de frenagem.*

- **Micro-híbridos**  
 Geralmente são equipados com um motor de combustão convencional com função automática *start/stop* e aproveitamento (recuperação) da energia de frenagem.
- **Híbridos leves**  
 Em contraste, estes também possuem um pequeno motor elétrico e uma bateria mais potente. A propulsão elétrica auxiliar é utilizada exclusivamente para ajudar na partida e para ganhar potência adicional nas ultrapassagens – no conceito chamado “*boost*”.
- **Híbridos completos**  
 Não são apenas impulsionados no *boost*, como também podem rodar no modo exclusivamente elétrico. Para isso, são equipados com uma transmissão totalmente elétrica. No entanto, requerem uma bateria bem mais potente que um híbrido leve.
- **Híbridos *plug-in*** (híbridos elétricos recarregáveis)  
 Oferecem a possibilidade de recarregar a bateria durante a noite, por exemplo. Um atributo positivo desse tipo de veículo é a possibilidade de climatizar a cabine na temperatura desejada antes de iniciar a viagem. Assim o veículo já se encontra totalmente pronto para o uso na manhã seguinte. Os híbridos *plug-in* são um tipo de híbridos completos.

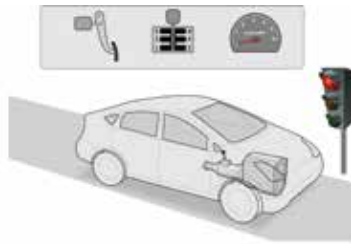
Atualmente, os representantes mais comuns da categoria de veículos híbridos completos são o Toyota Prius, o BMW ActiveHybrid X6 (E72) e o VW Touareg Hybrid. Já o BMW ActiveHybrid 7 e o Mercedes S400 (F04) são exemplos de veículos híbridos leves.

Funcionamento	Micro-híbrido	Híbrido leve	Híbrido completo
<b>Potência do motor elétrico/alternador</b>	2 – 3 KW (Recuperação da energia de frenagem pelo alternador)	10 – 15 KW	> 15 KW
<b>Faixa de tensão</b>	12 V	42 – 150 V	> 100 V
<b>Economia de combustível possível em comparação com veículos de propulsão convencional</b>	< 10 %	< 20 %	> 20 %
<b>Funções que contribuem para a economia de combustível</b>	Função <i>start/stop</i> Recuperação	Função <i>start/stop</i> Função <i>boost</i> Recuperação	Função <i>start/stop</i> Função <i>boost</i> Recuperação Direção elétrica

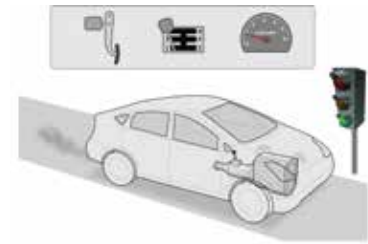
Como podemos ver no resumo, cada uma das tecnologias conta com diferentes funções que contribuem para a economia de combustível. Essas quatro funções serão brevemente explicadas a seguir.

### Função start/stop

O motor de combustão desliga quando o veículo para, como no semáforo ou num congestionamento, por exemplo. Quando a embreagem é acionada para prosseguir e é engatada a primeira marcha, o motor de combustão dá partida automaticamente. Assim ele está pronto para seguir viagem imediatamente.



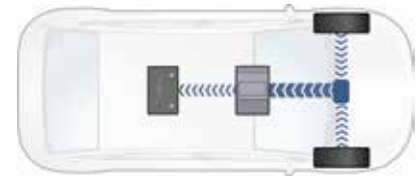
Se o veículo para, o motor desliga automaticamente.



Ao acionar a embreagem e engatar a marcha, o motor dá partida automaticamente.

### Recuperação

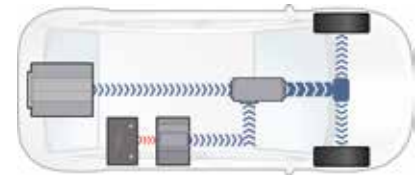
A recuperação é a técnica usada para reaproveitar parte da energia gerada pelos freios. Normalmente, essa energia gerada ao frear se dissiparia como energia térmica. Já no processo de recuperação, o alternador do veículo funciona como freio-motor, adicionalmente aos freios de roda tradicionais. A energia gerada pelo alternador ao desacelerar é armazenada no acumulador (bateria). Esse processo aumenta especificamente o torque de arrasto do motor, assim desacelerando o veículo.



Veículo em frenagem: a bateria é recarregada com mais potência

### Função boost

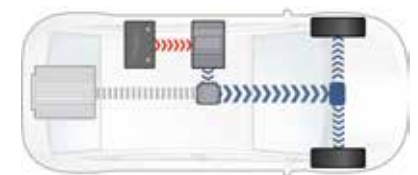
Durante a fase de aceleração, somam-se os torques disponíveis do motor de combustão e do motor elétrico. Assim, um veículo híbrido pode acelerar mais rápido do que um veículo similar de propulsão convencional. A função *boost* serve para auxiliar na partida e para ganhar mais potência durante ultrapassagens. Essa força é gerada por meio de um sistema auxiliar elétrico de tração, utilizado exclusivamente para esses dois fins. Por exemplo: no VW Touareg Hybrid, ele proporciona um ganho de potência de 34 KW.



Função *boost*: o motor de combustão e o motor elétrico movem o veículo

### Direção elétrica

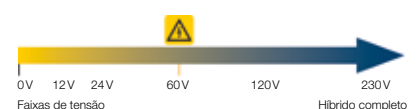
Quando a potência de propulsão exigida é baixa, como no tráfego urbano, só se usa o motor elétrico como grupo motopropulsor. O motor de combustão é desligado. A vantagem desse modo de direção é não consumir combustível nem gerar emissões. Mas o uso dessas tecnologias no veículo também implica pré-requisitos diferentes que você deve observar no seu trabalho cotidiano.



Modo de direção elétrica: propulsão unicamente pelo motor elétrico

### Tensão na rede elétrica do veículo

Os requisitos e funções que o sistema de propulsão elétrica de um veículo elétrico ou híbrido precisa cumprir não podem ser alcançados com faixas de tensão de 12 ou 24 volts. Eles requerem faixas de tensão significativamente mais altas. Veículos com sistemas de alta tensão operam sua propulsão e seus sistemas auxiliares com tensões de 30 a 1.000 volts AC (tensão alternada) ou 60 a 1.500 volts DC (tensão contínua). Isso se aplica à maioria dos veículos elétricos e híbridos.



# Sistemas de alta tensão em veículos elétricos

## Funcionamento

Por definição, um veículo elétrico é um veículo motorizado que é acionado por um motor elétrico. A energia elétrica necessária para o seu movimento é extraída de uma bateria de tração (acumulador), e não de uma célula de combustível ou de um extensor de autonomia (*range extender*). Como os automóveis elétricos não emitem uma quantidade relevante de poluentes durante a sua operação, eles são classificados como de emissões zero.

Nos veículos elétricos, as rodas são movidas por motores elétricos. A energia elétrica é armazenada em acumuladores, na forma de uma ou mais baterias de tração ou alimentação. Os motores elétricos controlados eletronicamente conseguem atingir seu torque máximo mesmo quando estão parados. Ao contrário dos motores de combustão, eles geralmente não precisam de caixa de câmbio manual e alcançam uma alta aceleração mesmo em velocidades baixas. Os motores elétricos são mais silenciosos que os motores a gasolina ou diesel, quase não vibram e não emitem gases de escape nocivos. Sua eficiência é muito alta, de mais de 90%.

A redução de peso proporcionada pela eliminação de diferentes módulos de componentes (motor, transmissão, tanque) do motor de combustão é compensada pelo peso relativamente alto dos acumuladores. Sendo assim, os veículos elétricos geralmente são mais pesados que seus similares com motor de combustão. A capacidade da(s) bateria(s) exerce grande influência sobre o peso e o preço do veículo.

No passado, os veículos elétricos tinham baixa autonomia com uma única recarga da bateria. Porém, recentemente, vem crescendo o número de veículos elétricos com autonomia para percorrer várias centenas de quilômetros, como Tesla Model S, VW e-Golf, Smart electric drive, Nissan Leaf, Renault ZOE e BMW i3.

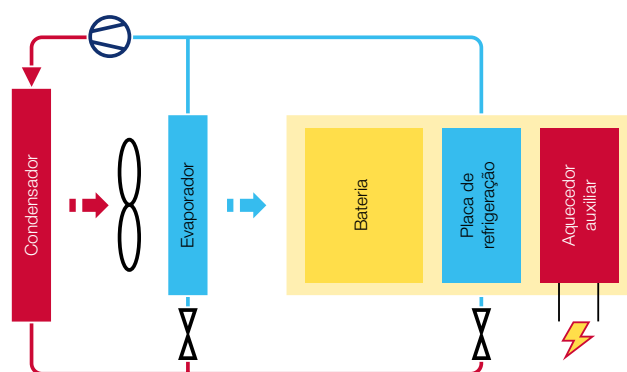
Para aumentar ainda mais a autonomia dos veículos elétricos, às vezes são usados equipamentos auxiliares (geralmente na forma de um motor de combustão) para geração de corrente elétrica. Trata-se dos chamados “extensores de autonomia”, ou “*range extenders*”.

## Climatização e refrigeração em veículos elétricos

Para que um veículo elétrico possa funcionar com alta eficiência, é necessário manter a temperatura do motor elétrico, dos componentes da eletrônica de potência e da bateria na faixa ideal de eficácia. Isso requer um sistema de gerenciamento térmico sofisticado:

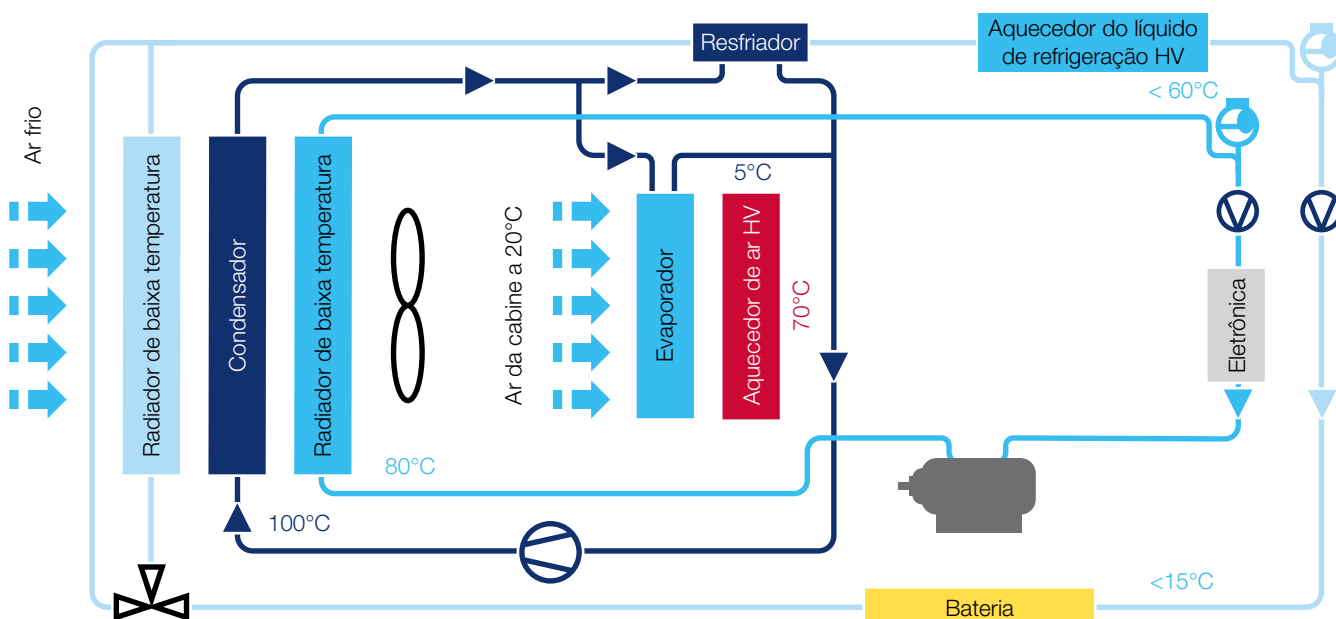
### Sistema baseado em agente refrigerante (ou resfriamento direto da bateria)

O circuito do sistema baseado em agente refrigerante é composto dos seguintes componentes principais: condensador, evaporador e unidade de bateria (células da bateria, placa de refrigeração e aquecedor elétrico auxiliar). Ele é alimentado pelo circuito de refrigeração do ar-condicionado e controlado separadamente por válvulas e sensores de temperatura. A descrição do funcionamento de cada componente encontra-se na explicação sobre a estrutura do sistema baseado em líquido de refrigeração e agente refrigerante.



Circuito baseado em agente refrigerante

### Circuito baseado em líquido de refrigeração e agente refrigerante (ou resfriamento indireto da bateria)



Quanto mais potentes são as baterias, mais recomendável é o uso do circuito baseado em líquido de refrigeração e agente refrigerante, que é comparativamente mais complexo. O sistema de refrigeração completo é subdividido em vários circuitos, cada um com um radiador (radiador de baixa temperatura), uma bomba de líquido de refrigeração, um termostato e uma válvula de fechamento de líquido de refrigeração próprios. Usando um trocador de calor (resfriador) especial, ele também é conectado ao circuito de refrigeração do ar-condicionado. Um aquecedor de líquido de refrigeração de alta tensão garante o controle de temperatura da bateria em temperaturas externas baixas.

A temperatura do líquido de refrigeração do motor elétrico e da eletrônica de potência é mantida abaixo de 60°C por um radiador de baixa temperatura em um circuito à parte (circuito interno no gráfico). Para atingir o máximo rendimento e garantir uma vida útil

longa, é preciso manter a temperatura do líquido de refrigeração da bateria sempre entre 15°C e 30°C. Em temperaturas muito baixas, o líquido de refrigeração é aquecido por um aquecedor auxiliar de alta tensão. Em temperaturas muito altas, ele é resfriado por um radiador de baixa temperatura. Quando isso não basta, o líquido de refrigeração também é resfriado por um resfriador conectado tanto ao circuito do líquido de refrigeração quanto ao circuito do agente refrigerante. Para isso, o agente refrigerante do ar-condicionado passa pelo resfriador e o resfria ainda mais, assim como o próprio líquido de refrigeração que passa por ele. Todo esse controle é feito com a ajuda de termostatos, sensores, bombas e válvulas.





## Descrição dos componentes

### Resfriador

O resfriador é um trocador de calor especial conectado tanto ao circuito do líquido de refrigeração quanto ao do agente refrigerante, o que possibilita baixar ainda mais a temperatura do líquido de refrigeração graças ao agente refrigerante do ar-condicionado. Isso permite, quando necessário, uma refrigeração indireta adicional da bateria por meio do sistema de ar-condicionado. Para isso, o líquido de refrigeração de um circuito secundário passa pelas placas de refrigeração da bateria. Após a absorção do calor, o líquido de refrigeração é resfriado para a temperatura inicial em um resfriador. A redução da temperatura no resfriador é feita pela evaporação de outro agente refrigerante, que circula em um circuito primário.



### Compressor elétrico

O compressor é acionado eletricamente com alta tensão. Isso permite climatizar o veículo mesmo com o motor desligado. Além disso, o líquido de refrigeração também pode ser resfriado com a ajuda do sistema de ar-condicionado.



### Radiador de baixa temperatura

A temperatura do líquido de refrigeração do motor elétrico e da eletrônica de potência é mantida abaixo de 60°C em um circuito de refrigeração à parte, com a ajuda de um radiador de baixa temperatura.



### Termostato

Os termostatos, sejam elétricos ou mecânicos, mantêm a temperatura do líquido de refrigeração em um nível constante.



### Radiador da bateria

De cada lado das placas de refrigeração encontra-se um segmento da bateria. Os segmentos da bateria e as placas de refrigeração constituem um módulo de bateria solidamente unido. No resfriamento direto da bateria, o agente refrigerante do sistema de ar-condicionado passa pelas placas de refrigeração. No resfriamento indireto da bateria, o líquido de refrigeração passa pelas placas de refrigeração. Se o resfriamento proporcionado pela refrigeração indireta da bateria não bastar, o líquido de refrigeração pode ser resfriado adicionalmente por um resfriador. O resfriador é um trocador de calor especial que é usado no resfriamento indireto da bateria e é integrado tanto ao circuito do agente refrigerante quanto ao do líquido de refrigeração.

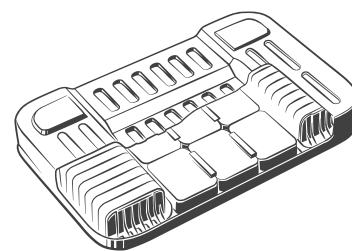


### Válvula de fechamento do líquido de refrigeração/ agente refrigerante

As válvulas de fechamento do líquido de refrigeração/ agente refrigerante são controladas eletricamente e são responsáveis por abrir/fechar as partes do circuito do líquido de refrigeração/ agente refrigerante conforme a necessidade ou por conectar vários circuitos entre si.

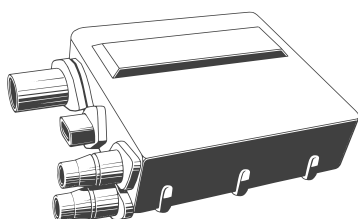
## Bateria de alta tensão

A bateria de alta tensão (bateria HV), junto com o motor elétrico, é um dos principais componentes do veículo elétrico. Ela é composta de módulos de bateria interligados, que, por sua vez, são formados de células. Nas baterias geralmente é usada a tecnologia de íons de lítio. Elas possuem alta densidade de energia. Devido a uma reação química decrescente, seu desempenho cai nitidamente em temperaturas abaixo de 0°C. Em temperaturas acima de 30°C, seu processo de envelhecimento é fortemente acelerado, e em temperaturas acima de 40°C podem ocorrer danos na bateria. Para prolongar sua vida útil e atingir máxima eficácia, a bateria deve operar dentro de uma faixa determinada de temperatura.



## Aquecedores auxiliares elétricos de alta tensão

Os veículos elétricos não possuem o calor residual do motor que se transfere para o líquido de refrigeração. Por isso, é preciso aquecer a cabine do veículo com o auxílio de um aquecedor auxiliar elétrico, localizado no sistema de ventilação.



## Aquecedor de líquido de refrigeração de alta tensão

Em temperaturas muito baixas, o líquido de refrigeração é aquecido por um aquecedor auxiliar elétrico de alta tensão. Ele é integrado ao circuito de refrigeração.



## Eletrônica de potência

Sua tarefa no veículo é controlar os motores elétricos, a comunicação com o sistema de controle do veículo e o diagnóstico do sistema de propulsão. Via de regra, a eletrônica de potência é composta de uma unidade de controle eletrônica, um inversor e um conversor DC/DC. Para manter a eletrônica de potência em uma determinada faixa de temperatura, ela é integrada ao sistema de refrigeração e aquecimento do veículo.



## Condensador

O condensador é usado para resfriar o agente refrigerante aquecido por ação do compressor. O gás refrigerante quente flui até o condensador, dissipando o calor para o ambiente através da tubulação e das lamelas. No processo de refrigeração, o estado dos componentes do agente refrigerante também se altera de gasoso para líquido.



## Bomba elétrica de água

As bombas elétricas de água ou de líquido de refrigeração, com regulação eletrônica integrada, são ativadas com intensidade variável, dependendo da potência de refrigeração necessária no momento. Podem ser usadas como bombas principais, secundárias ou de circulação e operam conforme a necessidade, de maneira independente do motor.

## Climatização

Devido à sua alta eficiência, os sistemas de propulsão elétrica emitem pouco calor durante seu funcionamento e nenhum calor quando estão parados. Por isso, para aquecer o veículo em temperaturas externas baixas ou descongelar os vidros, são necessários aquecedores adicionais. Eles são consumidores adicionais de energia e exercem grande influência devido ao seu alto consumo energético. Eles consomem parte da energia armazenada na bateria, o que impacta significativamente na autonomia do veículo, especialmente no inverno. Aquecedores elétricos auxiliares integrados ao sistema de ventilação são simples e eficazes, mas também grandes consumidores de energia. Por isso, também passaram a ser usadas bombas

de calor de alta eficiência energética. No verão, elas também podem ser usadas como sistema de ar-condicionado para refrigeração. Os aquecedores de assento e vidros aquecidos levam o calor diretamente às áreas que devem ser aquecidas, também reduzindo a necessidade de aquecimento na cabine. Os veículos elétricos muitas vezes passam seus períodos de inatividade em estações de recarga. Ali a temperatura pode ser pré-regulada para o nível desejado antes do início da viagem, sem consumir bateria. Desse modo, durante o trajeto, é necessária bem menos energia para aquecimento ou resfriamento. Atualmente também há aplicativos de *smartphone* disponíveis para controlar a climatização remotamente.

## Gestão de recarga e descarga

Para os acumuladores, são utilizados diferentes sistemas de gestão que são responsáveis pelo controle de recarga e descarga, monitoramento da temperatura, estimativa de autonomia e diagnóstico. Sua durabilidade depende essencialmente das condições de funcionamento e do cumprimento dos limites de operação. Os sistemas de gestão da bateria, incluindo a gestão de temperatura, evitam sobrecargas e descargas profundas dos acumuladores, assim como condições críticas de temperatura, que são prejudiciais e eventualmente críticas para a segurança. O monitoramento de cada célula da bateria permite tomar as medidas necessárias antes que ocorram falhas ou danos a outras células. Também é possível armazenar informações sobre o seu estado para fins de manutenção e, em caso de falha, enviar as mensagens correspondentes ao motorista.

Basicamente, a capacidade da bateria da maioria dos veículos elétricos de hoje em dia é suficiente para a maior parte dos trajetos de curta e média distância. Um estudo publicado em 2016 pelo Massachusetts Institute of Technology chegou à conclusão de que a autonomia dos veículos elétricos comuns atualmente é suficiente para 87% dos percursos. Ainda assim, a autonomia varia muito. A velocidade do veículo elétrico, a temperatura externa e, principalmente, o uso do aquecimento e do ar-condicionado provocam uma redução significativa do raio de alcance. Por outro lado, os tempos de recarga cada vez mais curtos e a constante expansão da infraestrutura de estações de recarga permitem aumentar ainda mais o raio de alcance dos veículos elétricos.



# Regras básicas para manutenção de veículos elétricos e híbridos

## Dicas práticas

Os veículos elétricos e híbridos requerem a instalação de componentes de alta tensão. Eles são claramente identificados com etiquetas padronizadas de advertência. Além disso, todos os fabricantes identificam os fios de alta tensão com a cor laranja.

Para manutenção de veículos com sistemas de alta tensão, deve ser adotado o seguinte procedimento:

- 1. Desligar totalmente o sistema elétrico**
- 2. Garantir que ele não possa ser religado**
- 3. Certificar-se de que não há tensão**

**Siga as especificações do fabricante do veículo e as nossas dicas para oficinas!**

## *O que devo observar como oficina (ou funcionário)?*

### **Ligar e dirigir o veículo:**

Para conduzir um veículo com sistema de alta tensão, mesmo que apenas no trajeto de ida ou volta da oficina, é preciso instruir o respectivo motorista.

### **Revisão e manutenção:**

Os trabalhos de revisão e manutenção (troca de rodas, atividades de inspeção) em veículos de alta tensão só podem ser executados por profissionais que tenham sido previamente informados sobre os perigos desses sistemas de alta tensão e instruídos por um “especialista em manutenção de veículos de alta tensão de segurança intrínseca”.

### **Substituição de componentes de alta tensão:**

Para substituir componentes de alta tensão, como um compressor do ar-condicionado, os profissionais devem ter as qualificações adequadas (especialistas em manutenção de veículos de alta tensão de segurança intrínseca).

### **Substituição da bateria:**

O reparo ou a substituição de componentes energizados de alta tensão (bateria) exige qualificações especiais.

### **Socorro mecânico/reboque/remoção:**

Todos os profissionais que trabalharem no socorro mecânico, reboque ou remoção de veículos com sistemas de alta tensão devem ter treinamento sobre a estrutura e o funcionamento desses veículos e seus sistemas de alta tensão. Além disso, deve-se observar de antemão as respectivas instruções fornecidas pelo fabricante do veículo. Se os componentes de alta tensão (bateria) estiverem danificados, é necessário chamar o Corpo de Bombeiros.

# Climatização da cabine

## Noções básicas

Nos conceitos convencionais de propulsão com motor de combustão, a climatização da cabine depende diretamente do funcionamento do motor, pois o compressor é acionado mecanicamente. Compressores com transmissão por correia também são usados nos veículos que só possuem função *start/stop*, conhecidos pelos especialistas como micro-híbridos. Isso gera um problema: ao parar o veículo e desligar o motor, a temperatura na saída do evaporador do ar-condicionado já começa a subir após 2 segundos. O lento aumento progressivo da temperatura do ar de saída da ventilação, assim como o aumento da umidade do ar, podem ser incômodos para os ocupantes do veículo.

Para solucionar esse problema, podem ser utilizados acumuladores de frio que foram desenvolvidos recentemente: os chamados evaporadores acumuladores. Os evaporadores acumuladores são compostos de dois blocos: um bloco evaporador e um bloco acumulador. O agente refrigerante passa por ambos os blocos na fase de partida ou com o motor em funcionamento. Durante esse processo, um agente latente contido no evaporador é resfriado até congelar. Assim é formado um acumulador de frio.

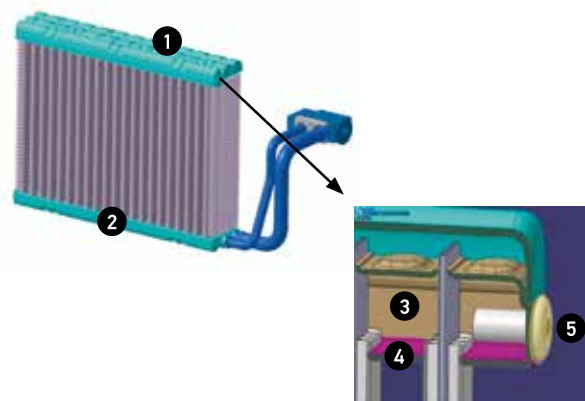


Evaporador acumulador

Na fase de parada, o motor fica desligado e, conseqüentemente, o compressor não é acionado. O ar quente que passa pelo evaporador é resfriado, ocorrendo uma troca de calor. Essa troca continua até que o agente latente se descongele totalmente. Ao prosseguir viagem, o processo é reiniciado, de forma que, após um minuto, o evaporador acumulador já pode voltar a resfriar o ar.

Em veículos sem um evaporador acumulador, é preciso religar o motor mesmo após um curto tempo de parada quando o clima está muito quente. Somente assim é possível manter a cabine climatizada. O sistema de climatização da cabine do veículo também inclui o aquecimento do compartimento de passageiros em caso de necessidade.

Em veículos híbridos completos, o motor de combustão é desligado na fase de direção no modo elétrico. O calor residual presente no circuito de água é suficiente para aquecer a cabine apenas por um curto período. Como mecanismo de apoio, os aquecedores auxiliares de alta tensão são ligados para assumir a função de aquecimento. Seu funcionamento é semelhante ao de um secador de cabelo: o ar aspirado pela unidade de ventilação da cabine é aquecido ao passar pelos elementos de aquecimento e depois devolvido à cabine.



Esquema ilustrativo – evaporador acumulador: (1) bloco evaporador com 40 mm de profundidade; (2) bloco acumulador com 15 mm de profundidade; (3) agente refrigerante; (4) agente latente, (5) rebite cego

# Compressor de ar-condicionado de alta tensão

## Funcionamento

*Em veículos com tecnologia totalmente híbrida, são usados compressores elétricos de alta tensão que não dependem da operação do motor de combustão. Esse inovador conceito de propulsão viabiliza funções que proporcionam maior conforto na climatização do veículo.*



Assim, antes de iniciar a viagem, é possível refrigerar à temperatura desejada uma cabine que esteja com alta temperatura. Essa função pode ser ativada por controle remoto.

Esse resfriamento com o veículo parado só pode ser realizado se houver bateria suficiente. O compressor é regulado usando a menor potência possível, considerando os requisitos necessários para a climatização.

Nos compressores de alta voltagem utilizados atualmente, a potência é regulada ajustando a velocidade de rotação em níveis de 50 rpm. Por isso, não é necessário ter um controle interno de potência.

Em contraste com o princípio da placa oscilante, que é usado principalmente em compressores acionados por correia, nos

compressores de alta tensão é empregado o princípio *scroll* para comprimir o agente refrigerante. As vantagens são uma economia de peso de cerca de 20% e uma redução equivalente das cilindradas, preservando a mesma potência.

Para gerar o torque adequado para acionar o compressor elétrico, é usada uma tensão contínua de mais de 200 volts, que é uma tensão muito elevada para esse tipo de veículo. O inversor integrado à unidade do motor elétrico converte essa tensão contínua na tensão alternada trifásica exigida pelos motores elétricos sem escova. O fluxo de retorno do agente refrigerante até a zona de sucção promove a dissipação de calor necessária do inversor e das bobinas do motor.



# Gestão de temperatura da bateria

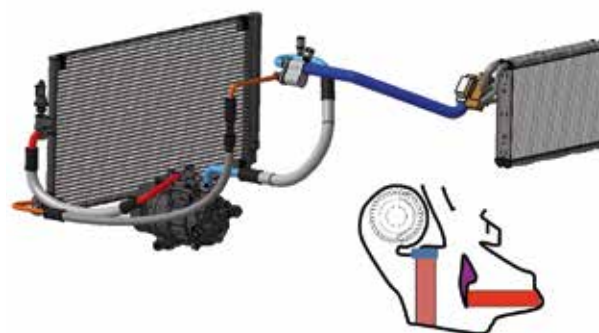
## Comparação

### Gestão de temperatura da bateria

A bateria é essencial para o funcionamento dos veículos elétricos e híbridos. Ela deve proporcionar a grande quantidade de energia necessária para a tração, de forma rápida e confiável. A maioria são baterias híbridas de alta tensão de íons de lítio e níquel-metal. Isso reduz ainda mais o tamanho e o peso das baterias dos veículos híbridos.

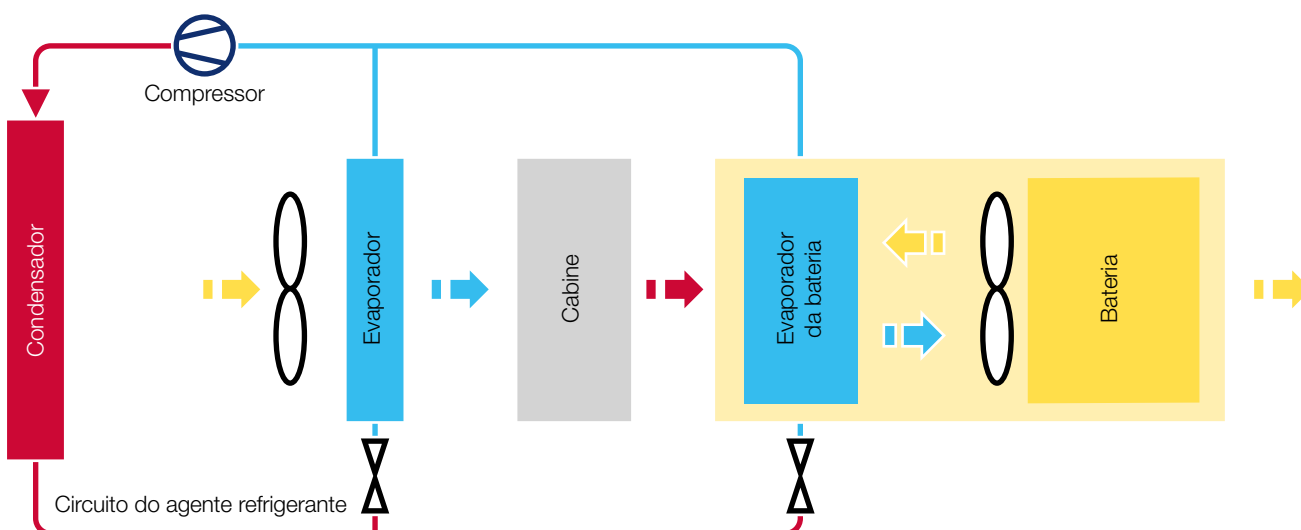
É imprescindível que as baterias utilizadas funcionem em uma faixa de temperatura determinada. O funcionamento em temperaturas acima de  $+40^{\circ}\text{C}$  reduz a sua vida útil; já abaixo de  $0^{\circ}\text{C}$ , diminuem o seu grau de eficiência e a potência atingida. Além disso, a diferença de temperatura entre cada uma das células não pode ultrapassar os valores determinados.

Picos breves de carga associados a correntes elevadas, como na recuperação e no *boost*, provocam um aquecimento considerável das células. E as altas temperaturas externas nos meses



de verão contribuem para que a temperatura atinja rapidamente o valor crítico de  $40^{\circ}\text{C}$ . O excesso de temperatura tem como consequência o envelhecimento mais rápido e, portanto, falhas precoces da bateria. Os fabricantes de veículos se empenham para que a vida útil estimada da bateria seja equivalente à vida útil do automóvel (aprox. 8 a 10 anos). Por isso, o processo de envelhecimento só pode ser contido usando um sistema adequado de gestão de temperatura. Até hoje, vêm sendo utilizadas três diferentes opções de gestão de temperatura:

### Opção 1



O ar é aspirado da cabine do veículo já climatizada e usado para resfriar a bateria. O ar frio aspirado da cabine do veículo tem

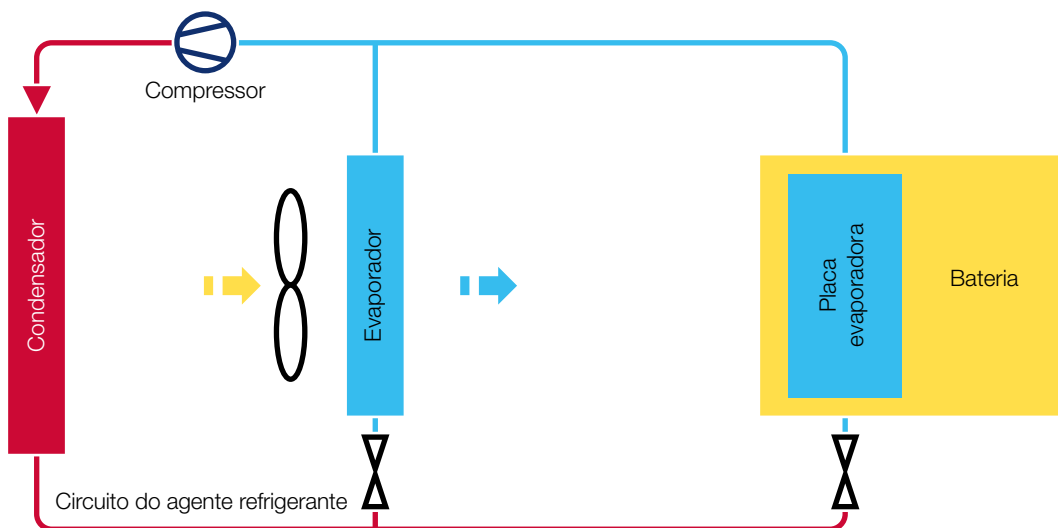
temperatura inferior a  $40^{\circ}\text{C}$  e circula ao redor das superfícies de livre acesso do conjunto da bateria.

### As desvantagens dessa opção são:

- Baixa eficácia da refrigeração.
  - O ar aspirado da cabine não pode ser usado para reduzir a temperatura uniformemente.
  - O processo de condução do ar é dispendioso.
  - Eventuais ruídos incômodos na cabine causados pela ventilação.
- Há uma conexão direta por dutos de ar entre o compartimento de passageiros e a bateria. Isso pode ocasionar problemas de segurança (ex.: desgaseificação da bateria).
  - Outro fator que não deve ser subestimado é o risco de entrada de sujeira na unidade da bateria, já que o ar proveniente da cabine também contém partículas de pó. A poeira se deposita entre as células e, junto com a umidade condensada do ar, forma uma camada condutora entre elas. Essa camada facilita a geração de correntes de fuga na bateria.

Para eliminar esses riscos, o ar aspirado é filtrado. Alternativamente, o ar também pode ser resfriado por uma pequena unidade de ar-condicionado à parte, semelhante aos sistemas de ar-condicionado auxiliares na traseira dos veículos de luxo.

### Opção 2



Uma placa evaporadora especial, localizada dentro da célula da bateria, é conectada ao sistema de ar-condicionado do veículo. Isso é feito usando o processo conhecido como *splitting* (separação) das áreas de alta e baixa pressão, através de uma tubulação e uma válvula de expansão. Isso significa que o evaporador da cabine e a placa evaporadora da bateria, que funciona como um evaporador convencional, são conectados ao mesmo circuito.

As diferentes tarefas dos dois evaporadores resultam em requisitos distintos em relação ao fluxo do agente refrigerante. Enquanto a refrigeração da cabine deve satisfazer as demandas de conforto dos passageiros, a bateria de alta tensão precisa ser mais ou menos resfriada conforme as condições de condução e a temperatura ambiente.

Esses requisitos resultam em um controle complexo da quantidade de agente refrigerante evaporado. O formato especial da

placa evaporadora permite sua integração à bateria, oferecendo uma grande superfície de contato para troca de calor. Assim é possível garantir que a temperatura máxima crítica de 40°C não seja ultrapassada.

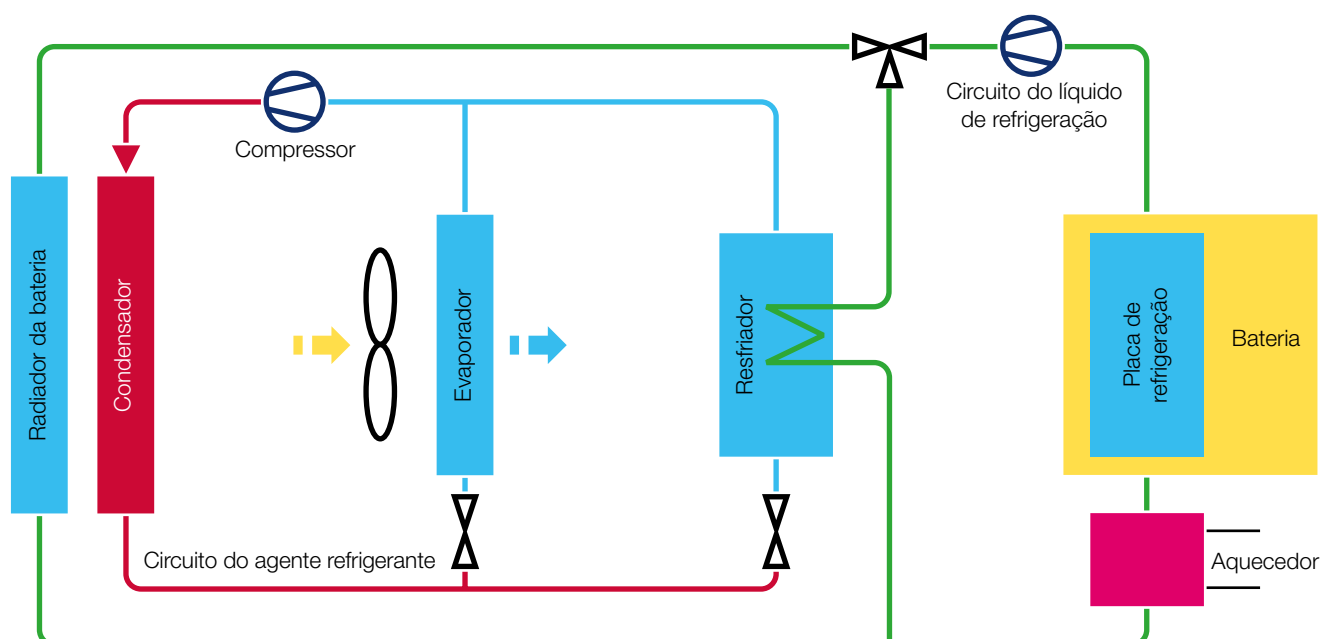
Em caso de temperaturas externas muito baixas, é necessário elevar a temperatura para a faixa ideal da bateria de no mínimo 15°C. Nessa situação, a placa evaporadora não pode ajudar. Uma bateria fria tem menor rendimento que na temperatura ideal e sequecer pode ser recarregada se estiver muito abaixo do ponto de congelamento. Em um sistema híbrido leve, é tolerável que, em casos extremos, a função híbrida só esteja disponível com certas limitações. Mas ainda seria possível dirigir usando o motor de combustão. Já em veículos totalmente elétricos, é preciso contar com um sistema de aquecimento da bateria para poder dar partida e dirigir no inverno em qualquer situação.



## Nota

Placas evaporadoras com integração direta à bateria não podem ser substituídas individualmente. Por isso, em caso de danos, é preciso trocar toda a unidade da bateria.

### Opção 3



Em baterias de maior capacidade, o controle adequado da temperatura tem importância central. Por isso, em caso de temperaturas muito baixas, é necessário um aquecedor adicional para a bateria, para mantê-la na faixa de temperatura ideal. Somente assim é possível atingir uma autonomia satisfatória no modo de direção elétrica.

Para esse aquecimento adicional, a bateria é integrada a um circuito secundário. Esse circuito garante que a temperatura de operação ideal de 15 a 30°C seja permanentemente mantida. No bloco da bateria, é instalada uma placa de refrigeração onde circula o líquido de refrigeração, composto de água e glicol (circuito verde). Em temperaturas baixas, o líquido de refrigeração pode ser rapidamente esquentado por um aquecedor para atingir a temperatura ideal. Se a temperatura da bateria sobe durante o uso das funções híbridas, o aquecedor é desligado. O líquido de refrigeração pode então ser resfriado

pelo radiador da bateria localizado na parte frontal do veículo ou pelo radiador de baixa temperatura, usando o fluxo de ar decorrente do deslocamento do veículo.

Se o resfriamento pelo radiador da bateria não é suficiente em temperaturas externas altas, o líquido de refrigeração circula por um resfriador. Nele ocorre a evaporação do agente refrigerante do ar-condicionado. Além disso, o calor pode ser transmitido do circuito secundário para o agente refrigerante em processo de evaporação em um espaço muito compacto e com alta densidade de potência. Assim o líquido de refrigeração é novamente resfriado. Graças ao uso do trocador de calor especial, a bateria pode funcionar na faixa de temperatura ideal para sua eficiência máxima.

# Capacitação adicional para reparos em veículos elétricos e híbridos

## Informações úteis

Para poder manter e reparar os complexos sistemas dos veículos elétricos e híbridos, especialmente os de gerenciamento térmico, é indispensável uma formação contínua e permanente. Na Alemanha, por exemplo, os profissionais que trabalham com esses sistemas de alta tensão precisam de um treinamento adicional de dois dias de duração como “especialistas em manutenção de veículos de alta tensão (HV) de segurança intrínseca”.

Graças aos conhecimentos adquiridos no curso, é possível reconhecer os riscos envolvidos nos trabalhos necessários nesses sistemas, além de aprender a desligar toda a corrente do sistema durante a sua execução. Sem treinamentos como esses, não é permitido realizar trabalhos em sistemas de alta tensão e seus componentes. O reparo ou a substituição de componentes energizados de alta tensão (bateria) exige qualificações especiais.



## Treinamentos sobre gerenciamento térmico oferecidos pela MAHLE:

Seja para aprendizes, mecânicos, técnicos ou engenheiros, a MAHLE Aftermarket oferece opções de treinamentos adequadas para todos.

Além de treinamentos teóricos, a MAHLE Aftermarket ministra treinamentos práticos especiais para evitar danos em veículos de passeio e de carga, assim como máquinas agrícolas e de construção.

Na MAHLE Aftermarket, nós somos flexíveis: você escolhe o tema desejado, define o local e a data para o treinamento e nós organizamos todo o resto. Converse com seu parceiro comer-

cial na MAHLE Aftermarket ou contate-nos diretamente em: [ma.training@mahle.com](mailto:ma.training@mahle.com)

Nossos técnicos especializados da MAHLE Aftermarket terão prazer em atendê-lo em eventos interessantes e informativos!

- T-AC – Climatização no veículo: design, funcionamento e causas comuns de falhas do sistema de AC
- C-SK – Expertise para sistemas de AC automotivos

# Dicas para a oficina

## Manutenção preventiva de veículos elétricos e híbridos

A situação também é especial mesmo ao executar revisões ou reparos de rotina (como de sistemas de escape, pneus ou amortecedores, trocar óleo ou pneus etc.). Essas tarefas só podem ser executadas por profissionais que já tenham sido informados e instruídos sobre os riscos desses sistemas de alta tensão por um “especialista em manutenção de veículos de alta tensão de segurança intrínseca”. Além disso, é imprescindível utilizar ferramentas que cumpram as especificações fornecidas pelo fabricante do veículo!

As empresas automotivas têm a obrigação de treinar todos os funcionários envolvidos em operação, manutenção e reparos de

veículos elétricos e híbridos. Observe as condições específicas do seu país.



Ferramentas para trabalhar com sistemas de alta tensão

## Socorro mecânico, reboque e remoção de veículos elétricos e híbridos

Motoristas de veículos com sistemas de alta tensão (HV) não estão expostos a nenhum risco elétrico direto, mesmo em caso de panes. Muitas medidas são tomadas pelos fabricantes dos veículos para garantir a segurança dos sistemas de HV. O socorro mecânico a veículos com sistemas de HV também não apresenta riscos, desde que não seja necessária nenhuma intervenção no sistema de HV para eliminar falhas.

No entanto, existem perigos em caso de socorro mecânico ou reboque de veículos que tenham sido danificados por acidentes ou que precisem ser removidos de neve ou água. Embora a segurança intrínseca dos veículos para proteção contra os perigos de descargas ou arcos elétricos seja muito alta, não existe segurança total ou de 100% para todos os casos concretos de avarias. Em caso de dúvidas, deve-se observar ou solicitar as informações correspondentes ao fabricante do veículo.

## Como reconhecer que um veículo possui um sistema de alta tensão?

- Pelas informações escritas no painel ou no veículo
- Pelos cabos de alta tensão de cor laranja (ver imagem). Como regra geral, não toque nos componentes de alta tensão e cabos de cor laranja
- Pelo selo que identifica os componentes de alta tensão (ver imagem)



Componentes de alta tensão no compartimento do motor

## Quem está autorizado a prestar socorro mecânico?

Só devem prestar socorro mecânico a veículos elétricos e híbridos os profissionais com qualificações especiais para esses fins. Por isso, os profissionais de socorro mecânico recebem treinamento sobre a estrutura e o funcionamento de veículos com sistemas de alta tensão. Para procedimentos não eletrotéc-

nicos, aplicam-se os requisitos e condições específicos de cada país. (Na Alemanha, aplica-se a instrução 200-005 da DGUV: “Qualificações para trabalhos em veículos com sistemas de alta tensão” (antiga BGI 8686). Observe as condições específicas de cada país.)

## Quais são os primeiros passos para o socorro mecânico?

- Retire a chave da ignição (atenção: os sistemas de transponders se ativam automaticamente ao se aproximar) e, a seguir, puxe o desconector da bateria de alta tensão.
- Verifique visualmente se os componentes de alta tensão estão danificados.
- Não manuseie os componentes de alta tensão. Eles só devem ser manipulados por profissionais qualificados para manutenção em veículos com sistemas de alta tensão. Isso também se aplica a componentes de alta tensão que sejam danificados ou identificados como danificados durante o serviço de socorro mecânico.
- Pode haver tensão residual mesmo após o desligamento do sistema de alta tensão, que pode durar vários minutos, dependendo do fabricante.



Desconector

## Ligação direta, reboque e remoção – o que deve ser observado?

### Ligação direta

É indispensável seguir as instruções do fabricante. Em apenas poucos veículos é possível dar partida por ligação direta através da rede de bordo de 12/24 V DC. Após a desconexão, pode haver tensões residuais perigosas que não são descarregadas via resistências de descarga contínua. Antes de abrir o veículo, siga as orientações do manual de instruções e/ou as informações técnicas do fabricante.

### Comportamento em caso de acidente

- Em caso de acidente, na maioria dos casos, o sistema de alta tensão é desligado quando os *airbags* são ativados. Isso ocorre em quase todos os veículos de passeio, mas não necessariamente em veículos comerciais.
- Para poder trabalhar sem riscos, devem ser seguidas todas as medidas do capítulo “Regras básicas para manutenção de veículos elétricos e híbridos”.
- Alguns fabricantes recomendam ou instruem desconectar o polo negativo da bateria de 12/24 V DC da rede elétrica de bordo (mais informações podem ser encontradas nas respectivas instruções de resgate).

### Remoção e reboque

- Veículos não danificados geralmente podem ser carregados em veículos de remoção (de plataforma).
- Para reboque usando barras ou cabos, é preciso observar as especificações do fabricante.
- Para remover os veículos com segurança, deve-se seguir todas as medidas do capítulo “Assistência segura a veículos elétricos”.
- Se o veículo for removido ou rebocado por um guincho, não pode haver nenhum componente de alta tensão nas áreas de engate ou encaixe, para que não sejam danificados. O mesmo se aplica ao erguer o veículo usando um macaco ou grua de carga.
- Se as baterias ou os condensadores de alta tensão (dispositivos de armazenamento de energia em veículos comerciais) tiverem sido danificados ou arrancados por um acidente, isso representa um perigo especial. Nesse caso, deve-se chamar o Corpo de Bombeiros para ajudar. Para manusear baterias de alta tensão danificadas, é preciso usar equipamento de proteção individual adequado (proteção facial, luvas de proteção para trabalho com tensão).
- Fluidos que vazarem da bateria podem ser corrosivos ou irritantes, dependendo do tipo de bateria. Por isso, deve-se evitar o contato em todos os casos. Após um acidente, não se deve descartar a hipótese de que as baterias de alta tensão possam se incendiar como resultado de reações internas, mesmo após algum tempo. Por isso, veículos acidentados não devem ser estacionados em ambientes fechados.

MAHLE Aftermarket GmbH  
Pragstraße 26 - 46  
70376 Stuttgart, Alemanha  
Telefone: +49 711 501-0

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