



FORMAÇÃO CONTINUADA

Eletricidade do Automóvel
Eletricista do Automóvel

ELETRICIDADE DO AUTOMÓVEL

ELETRICISTA DO AUTOMÓVEL

2004

Eletricista do Automóvel

SENAI-SP, 2004

Trabalho elaborado e editorado pela Escola SENAI “Conde José Vicente de Azevedo”

Coordenação geral	Luiz Carlos Emanuelli
Coordenação do projeto	José Antonio Messas
Organização de conteúdo	Alexandre Santos Muller
Editoração	Teresa Cristina Maíno de Azevedo

SENAI Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
Escola SENAI “Conde José Vicente de Azevedo”
Rua Moreira de Godói, 226 - Ipiranga - São Paulo-SP - CEP. 04266-060

Telefone (011) 6166-1988
Telefax (011) 6160-0219

E-mail senaiautomobilistica@sp.senai.br

Home page www.sp.senai.br/automobilistica

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	5
CONCEITOS BÁSICOS DE ELETRICIDADE	7
• Matéria	7
• Fundamentos da Eletrostática	11
• Corrente Elétrica	19
• Resistência Elétrica	22
GRANDEZAS ELÉTRICAS	29
• Tensão e Corrente Contínua	29
• Tensão e Corrente Alternada	30
CIRCUITO ELÉTRICO	31
• Materiais Condutores	31
• Materiais Isolantes	33
• Componentes do Circuito Elétrico	34
• Tipos de Circuito Elétrico	44
INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO ELÉTRICA	46
• Multímetro	46
• Medição com Multímetro	47
LEI DE OHM	49
• Determinação da Lei de Ohm	49
• Aplicação da Lei de Ohm	52
POTÊNCIA ELÉTRICA EM CORRENTE CONTÍNUA	55
• Trabalho Elétrico	55
• Potência Elétrica	56
• Potência Nominal	62
• Limite de Dissipação de Potência	63

MAGNETISMO E ELETROMAGNETISMO	64
• Magnetismo	64
• Eletromagnetismo	70
RESISTORES, CAPACITORES E SEMICONDUTORES	74
• Resistores	74
• Capacitores	83
• Semicondutores	87
SISTEMA DE CARGA E PARTIDA	95
• Bateria	95
• Alternadores	118
• Motores de Partida	135
LEITURA E INTERPRETAÇÃO DE ESQUEMAS ELÉTRICOS	153
• Componentes do Sistema Elétrico	153
• Circuitos Elétricos Veiculares	154
• Dispositivos de Segurança	177
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	189
ANEXOS	191

INTRODUÇÃO

O objetivo do curso “Eletricista de Automóvel” é desenvolver no aluno a capacidade de conhecer e aplicar o funcionamento dos sistemas eletroeletrônicos veiculares. Para isso, num primeiro momento, é importante o conhecimento sobre Eletricidade e Eletrônica Básica, onde o aluno terá a oportunidade de conhecer as grandezas elétricas e efetuar medições em circuitos elétricos.

Com uma base teórico-prática formada, será possível a abordagem nos sistemas eletroeletrônicos veiculares, ressaltando que o desenvolvimento dos estudos deve ocorrer em duas fases: aulas teóricas e práticas.

A divisão do módulo em duas fases é apenas recurso de organização sendo que as aulas de teoria e de prática devem ocorrer simultaneamente e a carga horária deve variar de acordo com as necessidades didático-pedagógicas.

As aulas teóricas visam desenvolver nos alunos o domínio de conteúdos básicos e de tecnologia imediata necessária para a realização dos ensaios. As aulas práticas caracterizam-se por atividades realizadas direta e exclusivamente pelos alunos.

O texto que se segue irá tratar do conteúdo básico da fase teórica do módulo. Esse conteúdo compreende os seguintes assuntos:

- Conceitos básicos de eletricidade e eletrônica
- Sistema de carga e partida
- Leitura e interpretação de esquemas elétricos

CONCEITOS BÁSICOS DE ELETRICIDADE

MATÉRIA

O estudo da matéria e sua composição é fundamental para a compreensão da teoria eletrônica. Por isso, neste capítulo estudaremos o arranjo físico das partículas que compõem o átomo e a maneira como essas partículas se comportam. Isso facilitará muito o estudo dos fenômenos que produzem a eletricidade.

COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA

Matéria é tudo aquilo que nos cerca e que ocupa um lugar no espaço. Ela se apresenta em porções limitadas que recebem o nome de corpos. Estes podem ser **simples** ou **compostos**.

OBSERVAÇÃO

Existem coisas com as quais temos contato na vida diária que não ocupam lugar no espaço, não sendo, portanto, matéria. Exemplos desses fenômenos são o som, o calor e a eletricidade.

Corpos simples são aqueles formados por um único átomo. São também chamados de elementos. O ouro, o cobre, o hidrogênio são exemplos de elementos.

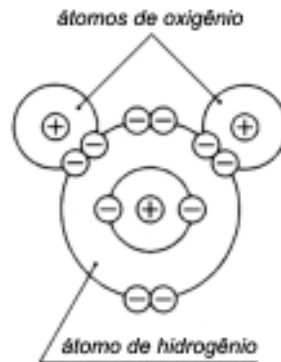
Corpos compostos são aqueles formados por uma combinação de dois ou mais elementos. São exemplos de corpos compostos o cloreto de sódio (ou sal de cozinha) que é formado pela combinação de cloro e sódio, e a água, formada pela combinação de oxigênio e hidrogênio.

A matéria e, conseqüentemente, os corpos compõem-se de **moléculas** e **átomos**.

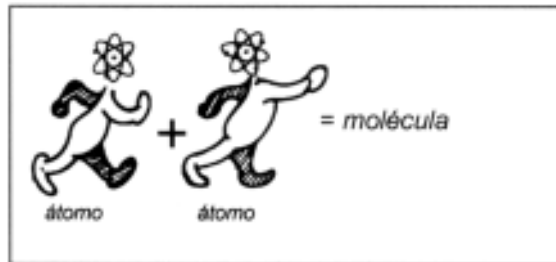
MOLÉCULA

Molécula é a menor partícula em que se pode dividir uma substância de modo que ela mantenha as mesmas características da substância que a originou.

Tomemos como exemplo uma gota de água: se ela for dividida continuamente, tornar-se-á cada vez menor, até chegarmos à menor partícula que conserva as características da água, ou seja, a molécula de água. Veja, na ilustração a seguir, a representação de uma molécula de água.



As moléculas se formam porque, na natureza, todos os elementos que compõem a matéria tendem a procurar um equilíbrio elétrico.



ÁTOMO

Os animais, as plantas, as rochas, as águas dos rios, lagos e oceanos e tudo o que nos cerca é composto de **átomos**.

O átomo é a **menor** partícula em que se pode dividir um elemento e que, ainda assim, conserva as propriedades físicas e químicas desse elemento.

OBSERVAÇÃO

Os átomos são tão pequenos que, se forem colocados 100 milhões deles um ao lado do outro, formarão uma reta de apenas 10mm de comprimento.

O átomo é formado de numerosas partículas. Todavia, estudaremos somente aquelas que mais interessam à teoria eletrônica.

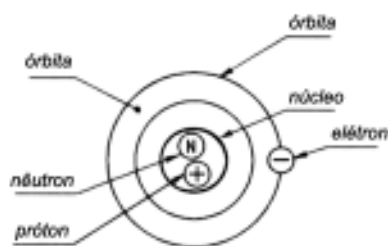
Existem átomos de materiais como o cobre, o alumínio, o neônio, o xenônio, por exemplo, que já apresentam o equilíbrio elétrico, não precisando juntar-se a outros átomos. Esses átomos, sozinhos, são considerados moléculas também.

• CONSTITUIÇÃO DO ÁTOMO

O átomo é formado por uma parte central chamada **núcleo** e uma parte periférica formada pelos **elétrons** e denominada **eletrosfera**.

O núcleo é constituído por dois tipos de partículas: os **prótons**, com carga **positiva**, e os **nêutrons**, que são eletricamente neutros.

Veja a representação esquemática de um átomo na ilustração a seguir.



Os prótons, juntamente com os nêutrons, são os responsáveis pela parte mais pesada do átomo.

Os elétrons possuem carga **negativa**. Como os planetas do sistema solar, eles giram na eletrosfera ao redor do núcleo, descrevendo trajetórias que se chamam **órbitas**.

Na eletrosfera os elétrons estão distribuídos em camadas ou níveis energéticos. De acordo com o número de elétrons, ela pode apresentar de 1 a 7 níveis energéticos, denominados K, L, M, N, O, P e Q.



Os átomos podem ter uma ou várias órbitas, dependendo do seu número de elétrons. Cada órbita contém um número específico de elétrons.

A distribuição dos elétrons nas diversas camadas obedece a regras definidas. A regra mais importante para a área eletroeletrônica refere-se ao nível energético mais distante do núcleo, ou seja, a camada externa: o número máximo de elétrons nessa camada é de oito elétrons.

Os elétrons da órbita externa são chamados elétrons livres, pois têm uma certa facilidade de se desprenderem de seus átomos. Todas as reações químicas e elétricas acontecem nessa camada externa, chamada de **nível** ou **camada de valência**.

A teoria eletrônica estuda o átomo só no aspecto da sua eletrosfera, ou seja, sua região periférica ou orbital.

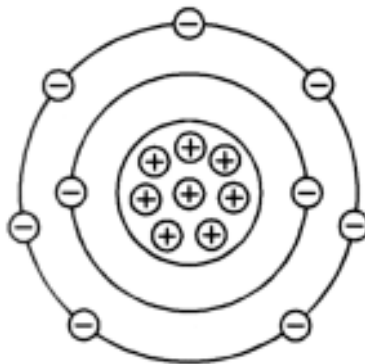
ÍONS

No seu estado natural, o átomo possui o número de prótons igual ao número de elétrons. Nessa condição, dizemos que o átomo está **em equilíbrio** ou **eletricamente neutro**.

O átomo está em desequilíbrio quando tem o número de elétrons **maior** ou **menor** que o número de prótons. Esse desequilíbrio é causado sempre por forças externas que podem ser **magnéticas**, **térmicas** ou **químicas**.

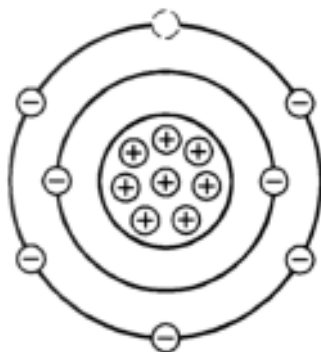
O átomo em **desequilíbrio** é chamado de **íon**. O íon pode ser negativo ou positivo. Os **íons negativos** são os **ânions** e os **íons positivos** são os **cátions**.

Íons negativos, ou seja, ânions, são átomos que **receberam** elétrons.



$$\begin{array}{r} \text{Prótons} = +8 \\ \text{Elétrons} = -9 \\ \hline \text{Resultado} = -1 \end{array}$$

Íons positivos, ou seja, cátions, são átomos que perderam elétrons.



$$\begin{array}{r} \text{Prótons} = +8 \\ \text{Elétrons} = -7 \\ \hline \text{Resultado} = +1 \end{array}$$

A transformação de um átomo em íon ocorre devido a forças externas ao próprio átomo. Uma vez cessada a causa externa que originou o íon, a tendência natural do átomo é atingir o equilíbrio elétrico. Para atingir esse equilíbrio, ele cede elétrons que estão em excesso ou recupera os elétrons em falta.

FUNDAMENTOS DA ELETROSTÁTICA

Quando ligamos um aparelho de televisão, rádio ou máquina de calcular, estamos utilizando eletricidade e, como vimos no capítulo anterior, a eletricidade é uma forma de energia que está presente em tudo o que existe na natureza.

Para compreender o que são os fenômenos elétricos e suas aplicações, neste capítulo estudaremos o que é eletricidade estática; o que é tensão, suas unidades de medida e as fontes geradoras de tensão.

Para estudar este capítulo com mais facilidade, você deve ter bons conhecimentos anteriores sobre o comportamento do átomo e suas partículas.

TIPOS DE ELETRICIDADE

A eletricidade é uma forma de energia que faz parte da constituição da matéria. Existe, portanto, em todos os corpos.

O estudo da eletricidade é organizado em dois campos: a **eletrostática** e a **eletrodinâmica**.

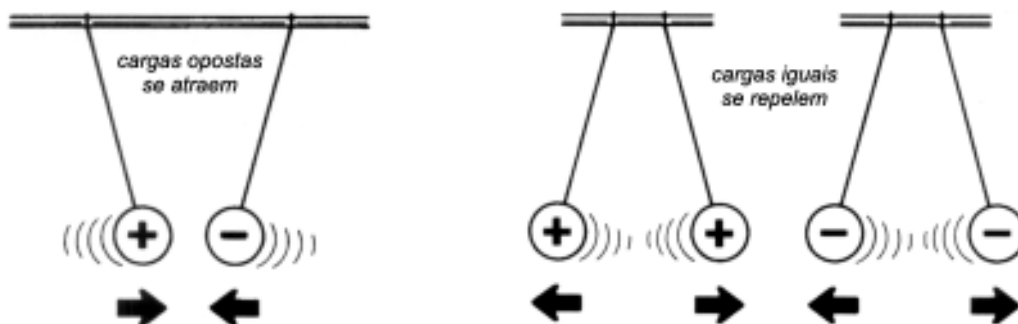
ELETROSTÁTICA

Eletrostática é a parte da eletricidade que estuda a **eletricidade estática**. Dá-se o nome de eletricidade estática à eletricidade produzida por cargas elétricas **em repouso** em um corpo.

Na eletricidade estática, estudamos as propriedades e a ação mútua das cargas elétricas em repouso nos corpos eletrizados.

Um corpo se eletriza **negativamente** (-) quando **ganha** elétrons e **positivamente** (+) quando **perde** elétrons.

Entre corpos eletrizados, ocorre o efeito da **atração** quando as cargas elétricas têm **sinais contrários**. O efeito da **repulsão** acontece quando as cargas elétricas dos corpos eletrizados têm **sinais iguais**.

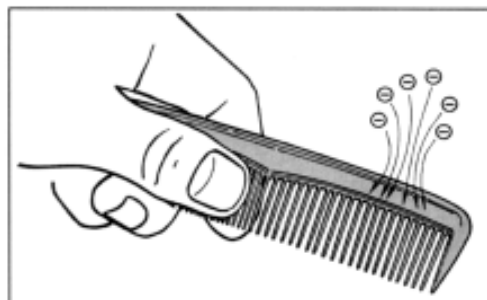


No estado natural, qualquer porção de matéria é eletricamente **neutra**. Isso significa que, se nenhum agente externo atuar sobre uma determinada porção da matéria, o número total de prótons e elétrons dos seus átomos será **igual**.

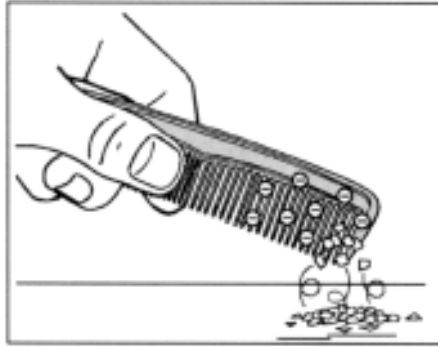
Essa condição de equilíbrio elétrico natural da matéria pode ser desfeita, de forma que um corpo deixe de ser neutro e fique carregado eletricamente.

O processo pelo qual se faz com que um corpo eletricamente neutro fique carregado é chamado **eletrização**.

A maneira mais comum de se provocar eletrização é por meio de **atrito**. Quando se usa um pente, por exemplo, o atrito provoca uma **eletrização negativa** do pente, isto é, o pente **ganha** elétrons.



Ao aproximarmos o pente eletrizado positivamente de pequenos pedaços de papel, estes são atraídos momentaneamente pelo pente, comprovando a existência da eletrização.

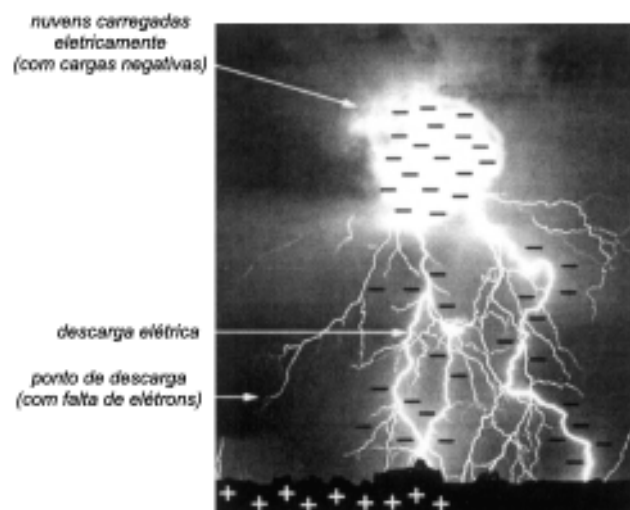


A eletrização pode ainda ser obtida por outros processos como, por exemplo, por contato ou por indução. Em qualquer processo, contudo, obtém-se corpos carregados eletricamente.

DESCARGAS ELÉTRICAS

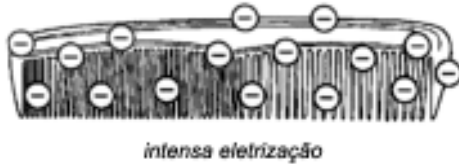
Sempre que dois corpos com cargas elétricas **contrárias** são colocados próximos um do outro, em condições favoráveis, o **excesso de elétrons** de um deles **é atraído** na direção daquele que está com falta de elétrons, sob a forma de um descarga elétrica. Essa descarga pode se dar por contato ou por arco.

Quando dois materiais possuem grande diferença de cargas elétricas, uma grande quantidade de carga elétrica negativa pode passar de um material para outro pelo ar. Essa é a descarga elétrica por arco. O raio, em uma tempestade, é um bom exemplo de descarga por arco.

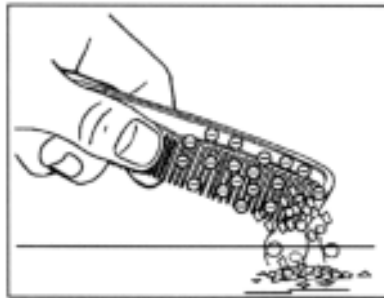


RELAÇÃO ENTRE DESEQUILÍBRIO E POTENCIAL ELÉTRICO

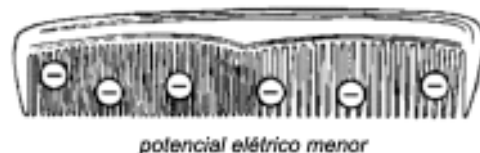
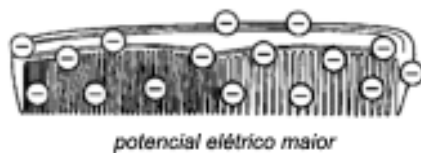
Por meio dos processos de eletrização, é possível fazer com que os corpos fiquem **intensamente** ou **fracamente** eletrizados. Um pente fortemente atritado fica intensamente eletrizado. Se ele for fracamente atritado, sua eletrização será fraca.



O pente **intensamente** atritado tem **maior** capacidade de realizar trabalho, porque é capaz de atrair maior quantidade de partículas de papel.



Como a maior capacidade de realizar trabalho significa maior potencial, conclui-se que o pente intensamente eletrizado tem **maior** potencial elétrico.



O potencial elétrico de um corpo depende diretamente do desequilíbrio elétrico existente nesse corpo. Assim, um corpo que tenha um desequilíbrio elétrico **duas vezes maior** que outro, tem um potencial elétrico **duas vezes maior**.

CARGA ELÉTRICA

Como certos átomos são forçados a **ceder** elétrons e outros a **receber** elétrons, é possível produzir uma transferência de elétrons de um corpo para outro.

Quando isso ocorre, a distribuição igual das cargas positivas e negativas em cada átomo deixa de existir. Portanto, um corpo conterà excesso de elétrons e a sua carga terá uma polaridade **negativa (-)**. O outro corpo, por sua vez, conterà excesso de prótons e a sua carga terá polaridade **positiva (+)**.

Quando um par de corpos contém a **mesma carga**, isto é, ambas positivas (+) ou ambas negativas (-), diz-se que eles apresentam **cargas iguais**.

Quando um par de corpos contém cargas diferentes, ou seja, um corpo é positivo (+) e o outro é negativo (-), diz-se que eles apresentam cargas desiguais ou opostas.

A quantidade de carga elétrica que um corpo possui, é determinada pela **diferença** entre o número de prótons e o número de elétrons que o corpo contém.

O símbolo que representa a quantidade de carga elétrica de um corpo é **Q** e sua unidade de medida é o coulomb (**c**).

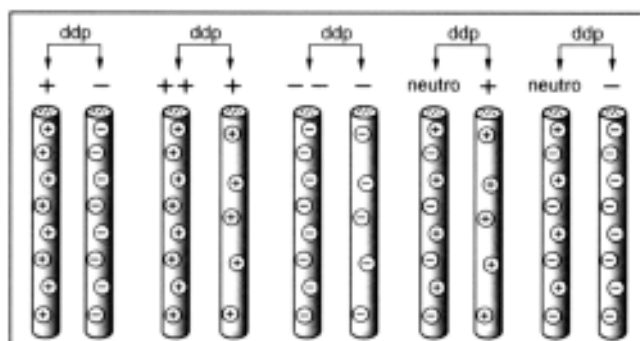
OBSERVAÇÃO

$$1 \text{ coulomb} = 6,25 \times 10^{18} \text{ elétrons}$$

DIFERENÇA DE POTENCIAL

Quando se compara o trabalho realizado por dois corpos eletrizados, automaticamente está se comparando os seus potenciais elétricos. A diferença entre os trabalhos expressa diretamente a diferença de potencial elétrico entre esses dois corpos.

A diferença de potencial (abreviada para ddp) existe entre corpos eletrizados com cargas **diferentes** ou com o **mesmo** tipo de carga.



A diferença de potencial elétrico entre dois corpos eletrizados também é denominada de **tensão elétrica**, importantíssima nos estudos relacionados à eletricidade e à eletrônica.

OBSERVAÇÃO

No campo da eletrônica e da eletricidade, utiliza-se exclusivamente a palavra **tensão** para indicar a **ddp** ou **tensão elétrica**.

UNIDADE DE MEDIDA DE TENSÃO ELÉTRICA

A tensão (ou ddp) entre dois pontos pode ser medida por meio de instrumentos. A unidade de medida de tensão é o **volt**, que é representado pelo símbolo **V**.

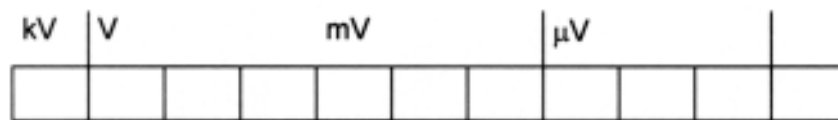
Como qualquer outra unidade de medida, a unidade de medida de tensão (volt) também tem múltiplos e submúltiplos adequados a cada situação. Veja tabela a seguir:

DENOMINAÇÃO		SÍMBOLO	VALOR COM RELAÇÃO AO VOLT
Múltiplos	megavolt	MV	106V ou 1000000V
	quilovolt	kV	103V ou 1000V
Unidade	volt	V	—
Submúltiplos	milivolt	mV	10-3V ou 0,001V
	microvolt	μ V	10-6V ou 0,000001V

OBSERVAÇÃO

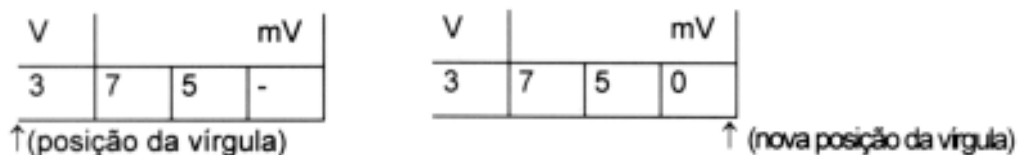
Em eletricidade empregam-se mais freqüentemente o **volt** e o **quilovolt** como unidades de medida, ao passo que em eletrônica as unidades de medida mais usadas são o **volt**, o **milivolt** e o **microvolt**.

A conversão de valores é feita de forma semelhante a outras unidades de medida.



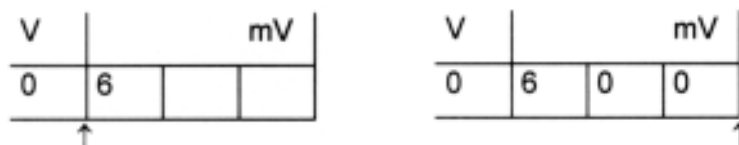
Exemplos de conversão:

a) $3,75V = \text{-----} \text{ mV}$



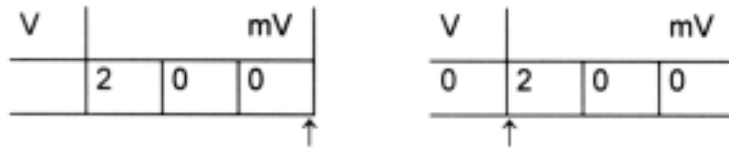
$$3,75V = 3750 \text{ mV}$$

b) $0,6V = \text{-----} \text{ mV}$



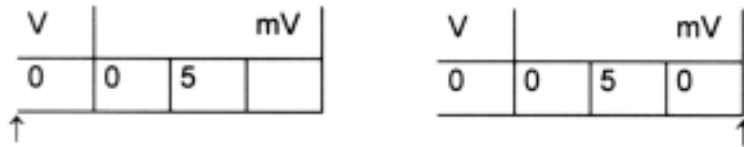
$$0,6V = 600 \text{ mV}$$

c) $200 \text{ mV} = \text{-----} \text{ V}$



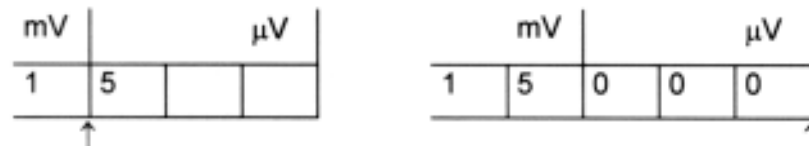
$$200 \text{ mV} = 0,2\text{V}$$

d) $0,05\text{V} = \text{-----} \text{ mV}$



$$0,05\text{V} = 50 \text{ mV}$$

e) $1,5 \text{ mV} = \text{-----} \text{ mV}$



$$1,5 \text{ mV} = 15000\mu\text{V}$$

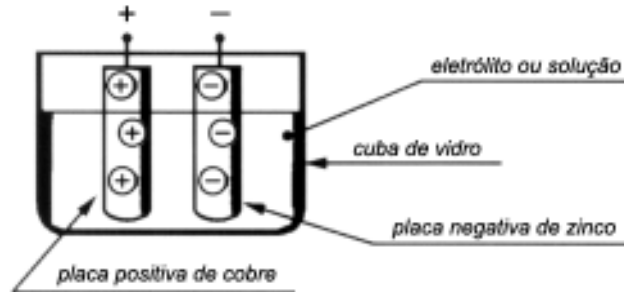
PILHA OU BATERIA ELÉTRICA

A existência de tensão é imprescindível para o funcionamento dos aparelhos elétricos. Para que eles funcionem, foram desenvolvidos dispositivos capazes de criar um desequilíbrio elétrico entre dois pontos, dando origem a uma tensão elétrica.

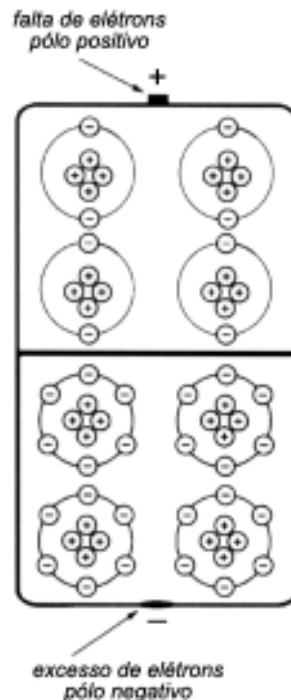


Genericamente esses dispositivos são chamados fontes geradoras de tensão. As pilhas, baterias ou acumuladores e geradores são exemplos desse tipo de fonte.

As pilhas são fontes geradoras de tensão constituídas por dois tipos de metais mergulhados em um preparado químico. Esse preparado químico reage com os metais, retirando elétrons de um e levando para o outro. Um dos metais fica com potencial elétrico positivo e o outro fica com potencial elétrico negativo. Entre os dois metais existe portanto uma **ddp** ou uma **tensão elétrica**.



A ilustração a seguir representa esquematicamente as polaridades de uma pilha em relação aos elétrons. Pela própria característica do funcionamento das pilhas, um dos metais torna-se positivo e o outro negativo. Cada um dos metais é chamado pólo. Portanto, as pilhas dispõem de um pólo positivo e um pólo negativo. Esses pólos nunca se alteram, o que faz com que a polaridade da pilha seja invariável.



Daí a tensão fornecida chamar-se tensão contínua ou tensão CC, que é a tensão elétrica entre dois pontos de polaridades invariáveis.

A tensão fornecida por uma pilha comum não depende de seu tamanho pequeno, médio ou grande nem de sua utilização nesse ou naquele aparelho. É sempre uma tensão contínua de aproximadamente 1,5V.

CORRENTE ELÉTRICA

A eletricidade está presente diariamente em nossa vida, seja na forma de um relâmpago seja no simples ato de ligar uma lâmpada. À nossa volta fluem cargas elétricas que produzem luz, som, calor... Para entender como são obtidos tais efeitos é preciso, em primeiro lugar, compreender o movimento das cargas elétricas e suas particularidades.

Este capítulo vai tratar do conceito de fluxo das cargas elétricas. Vai tratar também das grandezas que medem a corrente. Para desenvolver os conteúdos e atividades aqui apresentadas você já deverá ter conhecimentos anteriores sobre estrutura da matéria, e diferença de potencial entre dois pontos.

CORRENTE ELÉTRICA

A corrente elétrica consiste em um movimento orientado de cargas, provocado pelo desequilíbrio elétrico (ddp) entre dois pontos. A corrente elétrica é a forma pela qual os corpos eletrizados procuram restabelecer o equilíbrio elétrico.

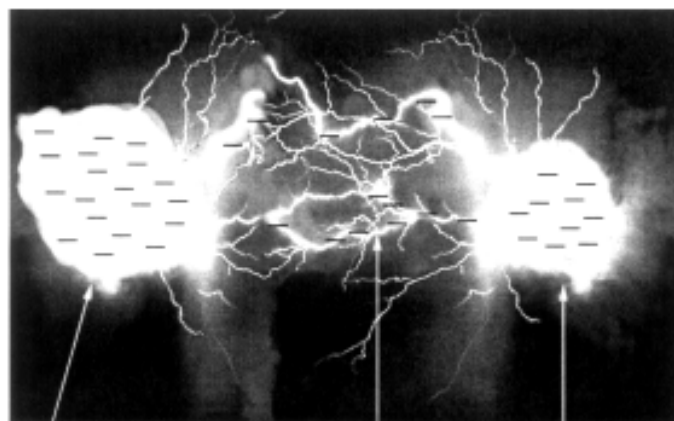
Para que haja corrente elétrica, é necessário que haja ddp e que o circuito esteja fechado. Logo, pode-se afirmar que existe **tensão sem corrente**, mas **nunca** existirá **corrente sem tensão**. Isso acontece porque a tensão orienta as cargas elétricas.

O símbolo para representar a intensidade da corrente elétrica é a letra **I**.

DESCARGAS ELÉTRICAS

Como já foi estudado, as descargas elétricas são fenômenos comuns na natureza. O relâmpago, por exemplo, é um exemplo típico de descarga elétrica. O atrito contra o ar faz com que as nuvens fiquem altamente eletrizadas e adquiram um potencial elevado. Quando duas nuvens com potencial elétrico **diferente** se aproximam, ocorre uma descarga elétrica, ou seja, um relâmpago.

O que ocorre não passa de uma **transferência orientada** de cargas elétricas de uma nuvem para outra.



nuvem com
excesso de elétrons

descarga elétrica

nuvem com
poucos elétrons

Durante a descarga, numerosas cargas elétricas são transferidas, numa única direção, para diminuir o desequilíbrio elétrico entre dois pontos. Os elétrons em **excesso** em uma nuvem deslocam-se para a nuvem que tem **poucos** elétrons.

Como já foi visto, também, o deslocamento de cargas elétricas entre dois pontos onde existe ddp é chamado de corrente elétrica. Desse modo, explica-se o relâmpago como uma **corrente elétrica** provocada pela tensão elétrica existente entre duas nuvens.

Durante o curto tempo de duração de um relâmpago, grande quantidade de cargas elétricas flui de uma nuvem para outra. Dependendo da grandeza do desequilíbrio elétrico entre as duas nuvens, a corrente elétrica, ou seja, a descarga elétrica entre elas pode ter maior ou menor intensidade.

UNIDADE DE MEDIDA DE CORRENTE

Corrente é uma grandeza elétrica e, como toda a grandeza, pode ter sua intensidade medida por meio de instrumentos. A unidade de medida da intensidade da corrente elétrica é o **ampère**, que é representado pelo símbolo **A**.

Como qualquer outra unidade de medida, a unidade da corrente elétrica tem múltiplos e submúltiplos adequados a cada situação. Veja tabela a seguir.

DENOMINAÇÃO		SÍMBOLO	VALOR COM RELAÇÃO AO AMPÈRE
Múltiplo	Quiloampère	kA	10 ³ A ou 1000 A
	Ampère	A	—
Unidade	Miliampère	mA	10 ⁻³ A ou 0,001A
Submúltiplos	Microampère	μA	10 ⁻⁶ A ou 0,000001 A
	Nanoampère	nA	10 ⁻⁹ A ou 0,000000001 A

OBSERVAÇÃO

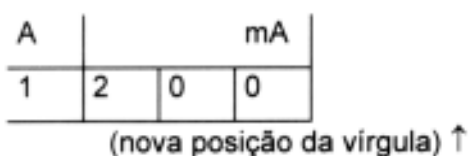
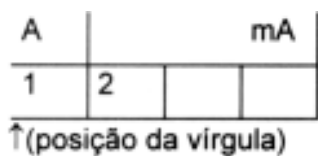
No campo da eletrônica empregam-se mais os termos ampère (A), miliampère (mA) e o microampère (μA).

Faz-se a conversão de valores de forma semelhante a outras unidades de medida.

kA	A	mA	μA	nA

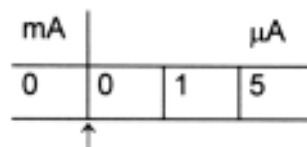
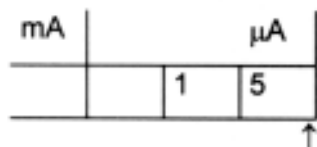
Observe a seguir alguns exemplos de conversão.

a) $1,2 \text{ A} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mA}$



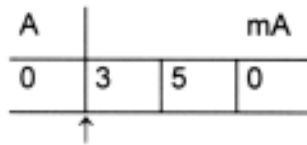
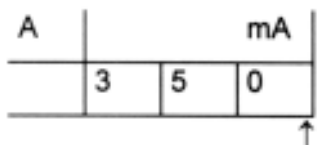
$1,2 \text{ A} = 1200 \text{ mA}$

b) $15 \text{ mA} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mA}$



$15 \text{ mA} = 0,015 \text{ mA}$

c) $350 \text{ mA} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A}$



$350 \text{ mA} = 0,35 \text{ A}$

AMPERÍMETRO

Para medir a intensidade de corrente, usa-se o amperímetro. Além do amperímetro, usam-se também os instrumentos a seguir:

- miliamperímetro: para correntes da ordem de miliampères;
- microamperímetro: para correntes da ordem de microampères.

CORRENTE CONTÍNUA

A corrente elétrica é o movimento de cargas elétricas. Nos materiais sólidos, as cargas que se movimentam são os elétrons; nos líquidos e gases o movimento pode ser de elétrons ou íons positivos.

Quando o movimento de cargas elétricas formadas por íons ou elétrons ocorre sempre em um sentido, a corrente elétrica é chamada de corrente contínua e é representada pela sigla CC.

RESISTÊNCIA ELÉTRICA

Nas lições anteriores, você aprendeu que para haver tensão, é necessário que haja uma diferença de potencial entre dois pontos. Aprendeu também, que corrente elétrica é o movimento orientado de cargas provocado pela ddp. Ela é a forma pela qual os corpos eletrizados procuram restabelecer o equilíbrio elétrico.

Além da ddp, para que haja corrente elétrica, é preciso que o circuito esteja fechado. Por isso, você viu que existe tensão sem corrente, mas não é possível haver corrente sem tensão.

Esta aula vai tratar do conceito de resistência elétrica. Vai tratar também das grandezas da resistência elétrica e seus efeitos sobre a circulação da corrente.

Para desenvolver os conteúdos e atividades aqui apresentadas você já deverá ter conhecimentos anteriores sobre estrutura da matéria, tensão e corrente.

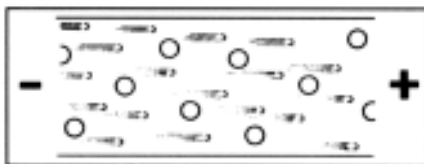
RESISTÊNCIA ELÉTRICA

Resistência elétrica é a **oposição** que um material apresenta ao fluxo de corrente elétrica. Todos os dispositivos elétricos e eletrônicos apresentam certa oposição à passagem da corrente elétrica.

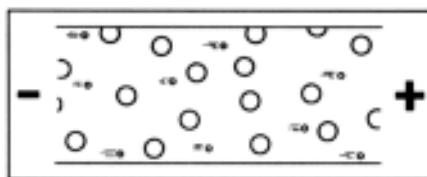
A resistência dos materiais à passagem da corrente elétrica tem origem na sua estrutura atômica.

Para que a aplicação de uma ddp a um material origine uma corrente elétrica, é necessário que a estrutura desse material permita a existência de elétrons livres para movimentação.

Quando os átomos de um material **liberam** elétrons livres entre si com facilidade, a corrente elétrica flui **facilmente** através dele. Nesse caso, a resistência elétrica desses materiais é **pequena**.



Por outro lado, nos materiais cujos átomos **não** liberam elétrons livres entre si com facilidade, a corrente elétrica flui com **dificuldade**, porque a resistência elétrica desses materiais é **grande**.



Portanto, a resistência elétrica de um material depende da facilidade ou da dificuldade com que esse material libera cargas para a circulação.

O efeito causado pela resistência elétrica tem muitas aplicações práticas em eletricidade e eletrônica. Ele pode gerar, por exemplo, o aquecimento no chuveiro, no ferro de passar, no ferro de soldar, no secador de cabelo. Pode gerar também iluminação por meio das lâmpadas incandescentes.

UNIDADE DE MEDIDA DE RESISTÊNCIA ELÉTRICA

A unidade de medida da resistência elétrica é o ohm, representado pela letra grega Ω (Lê-se ômega). A tabela a seguir mostra os múltiplos do ohm, que são os valores usados na prática.

DENOMINAÇÃO		SÍMBOLO	VALOR COM RELAÇÃO À UNIDADE
Múltiplo	megohm	$M\Omega$	$10^6 \Omega$ ou 1000000Ω
	quilohm	$k\Omega$	$10^3 \Omega$ ou 1000Ω
Unidade	ohm	Ω	—

Para fazer a conversão dos valores, emprega-se o mesmo procedimento usado para outras unidades de medida.

$M\Omega$	$k\Omega$	Ω

Observe a seguir alguns exemplos de conversão.

$$120 \text{ W} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kW}$$

kΩ	Ω		
	1	2	0

(posição da vírgula) ↑

kΩ	Ω		
0	1	2	0

↑ (nova posição da vírgula)

$$120 \text{ W} = 0,12 \text{ kW}$$

$$390 \text{ kW} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ MW}$$

MΩ	kΩ		
	3	9	0

↑

MΩ	kΩ		
0	3	9	0

↑

$$390 \text{ kW} = 0,39 \text{ MW}$$

$$5,6 \text{ kW} = \underline{\hspace{2cm}}$$

kΩ	Ω		
5	6		

↑

kΩ	Ω		
5	6	0	0

↑

$$5,6 \text{ kW} = 5600 \text{ W}$$

$$470 \text{ W} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ MW}$$

MΩ	Ω		
	4	7	0

↑

MΩ	kΩ			Ω		
0	0	0	0	4	7	0

↑

$$470 \text{ W} = 0,00047 \text{ MW}$$

OBSERVAÇÃO

O instrumento de medição da resistência elétrica é o **ohmímetro** porém, geralmente, mede-se a resistência elétrica com o **multímetro**.

SEGUNDA LEI DE OHM

George Simon Ohm foi um cientista que estudou a resistência elétrica do ponto de vista dos elementos que têm influência sobre ela. Por esse estudo, ele concluiu que a resistência elétrica de um condutor depende fundamentalmente de quatro fatores a saber:

1. material do qual o condutor é feito;
2. comprimento (L) do condutor;
3. área de sua seção transversal (S);
4. temperatura no condutor.

Para que se pudesse analisar a influência de cada um desses fatores sobre a resistência elétrica, foram realizadas várias experiências variando-se apenas um dos fatores e mantendo constantes os três restantes.

Assim, por exemplo, para analisar a influência do comprimento do condutor, manteve-se constante o tipo de material, sua temperatura e a área da seção transversal e variou-se seu comprimento.

S ————— resistência obtida = R

S ————— resistência obtida = 2R

S ————— Resistência obtida = 3R

Com isso, verificou-se que a resistência elétrica **umentava** ou **diminuía** na **mesma proporção** em que aumentava ou diminuía o comprimento do condutor.

Isso significa que: “A *resistência elétrica é diretamente proporcional ao comprimento do condutor*”.

Para verificar a influência da seção transversal, foram mantidos constantes o comprimento do condutor, o tipo de material e sua temperatura, variando-se apenas sua seção transversal.

S • ————— resistência obtida = R

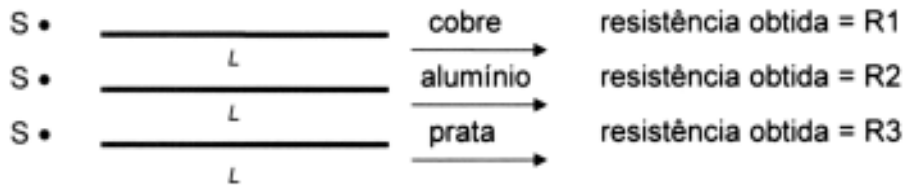
2 . S • ————— resistência obtida = R/2

3 . S • ————— resistência obtida = R/3

Desse modo, foi possível verificar que a resistência elétrica **diminuía** à medida que se **aumentava a seção transversal** do condutor. Inversamente, a resistência elétrica aumentava, quando se diminuía a seção transversal do condutor.

Isso levou à conclusão de que: “A resistência elétrica de um condutor é **inversamente** proporcional à sua área de seção transversal”.

Mantidas as constantes de comprimento, seção transversal e temperatura, variou-se o tipo de material:



Utilizando-se materiais diferentes, verificou-se que não havia relação entre eles. Com o mesmo material, todavia, a resistência elétrica mantinha sempre o mesmo valor.

A partir dessas experiências, estabeleceu-se uma constante de proporcionalidade que foi denominada de **resistividade elétrica**.

RESISTIVIDADE ELÉTRICA

Resistividade elétrica é a resistência elétrica específica de um certo condutor com 1 metro de comprimento, 1mm^2 de área de seção transversal, medida em temperatura ambiente constante de 20°C .

A unidade de medida de resistividade é o $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$, representada pela letra grega ρ (lê-se “rô”).

A tabela a seguir apresenta alguns materiais com seu respectivo valor de resistividade.

MATERIAL	ρ ($\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ a 20°C)
Alumínio	0,0278
Cobre	0,0173
Estanho	0,1195
Ferro	0,1221
Níquel	0,0780
Zinco	0,0615
Chumbo	0,21
Prata	0,30

Diante desses experimentos, George Simon OHM estabeleceu a sua segunda lei que diz que:

“A resistência elétrica de um condutor é diretamente proporcional ao produto da resistividade específica pelo seu comprimento, e inversamente proporcional à sua área de seção transversal.”

Matematicamente, essa lei é representada pela seguinte equação:

$$R = \frac{\rho \cdot L}{S}$$

Nela, **R** é a resistência elétrica expressa em Ω ; **L** é o comprimento do condutor em metros (m); **S** é a área de seção transversal do condutor em milímetros quadrados (mm²) e **ρ** é a resistividade elétrica do material em $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$.

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA SOBRE A RESISTÊNCIA

Como já foi visto, a resistência elétrica de um condutor depende do tipo de material de que ele é constituído e da mobilidade das partículas em seu interior.

Na maior parte dos materiais, o aumento da temperatura significa maior resistência elétrica. Isso acontece porque com o aumento da temperatura, há um aumento da agitação das partículas que constituem o material, aumentando as colisões entre as partículas e os elétrons livres no interior do condutor.

Isso é particularmente verdadeiro no caso dos metais e suas ligas. Neste caso, é necessário um grande aumento na temperatura para que se possa notar uma pequena variação na resistência elétrica. É por esse motivo que eles são usados na fabricação de resistores.

Conclui-se, então, que em um condutor, a variação na resistência elétrica relacionada ao aumento de temperatura depende **diretamente** da variação de resistividade elétrica própria do material com o qual o condutor é fabricado.

Assim, uma vez conhecida a resistividade do material do condutor em uma determinada temperatura, é possível determinar seu novo valor em uma nova temperatura. Matematicamente faz-se isso por meio da expressão:

$$\rho_f = \rho_o.(1 + \alpha \cdot \Delta\theta)$$

Nessa expressão, ρ_f é a resistividade do material na temperatura final em $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$; ρ_0 é a resistividade do material na temperatura inicial (geralmente 20°C) em $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$; α é o coeficiente de temperatura do material (dado de tabela) e $\Delta\theta$ é a variação de temperatura, ou seja, temperatura final - temperatura inicial, em $^\circ\text{C}$.

A tabela a seguir mostra os valores de coeficiente de temperatura dos materiais que correspondem à variação da resistência elétrica que o condutor do referido material com resistência de 1Ω sofre quando a temperatura varia de 1°C .

MATERIAL	COEFICIENTE DE TEMPERATURA α ($^\circ\text{C}^{-1}$)
Cobre	0,0039
Alumínio	0,0032
Tungstênio	0,0045
Ferro	0,005
Prata	0,004
Platina	0,003
Nicromo	0,0002
Constantan	0,00001

Como exemplo, vamos determinar a resistividade do cobre na temperatura de 50°C , sabendo-se que à temperatura de 20°C , sua resistividade corresponde a $0,0173 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$.

$$\rho_0 = 0,0173$$

$$\alpha$$
 ($^\circ\text{C}^{-1}$) = $0,0039 \cdot (50 - 20)$

$$\rho_f = ?$$

Como $\rho_f = \rho_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta\theta)$, então:

$$\rho_f = 0,0173 \cdot (1 + 0,0039 \cdot (50 - 20))$$

$$\rho_f = 0,0173 \cdot (1 + 0,0039 \cdot 30)$$

$$\rho_f = 0,0173 \cdot (1 + 0,117)$$

$$\rho_f = 0,0173 \cdot 1,117$$

$$\rho_f = 0,0193 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$$

GRANDEZAS ELÉTRICAS

Grandezas Elétricas	Símbolo	Unidades de Medidas	Símbolo	Aparelho de Medição
Corrente	I	Ampère	A	Amperímetro
Tensão	U ou E	Volt	V	Voltímetro
Resistência	R	Ohm	Ω	Ohmímetro
Potência	P	Watt	W	Watímetro

CORRENTE ELÉTRICA

É o movimento ordenado de elétrons livres em um condutor devidamente alimentado

TENSÃO ELÉTRICA

É a diferença de força entre dois pontos de um condutor causada pelo excesso ou falta de elétrons, que por sua vez, dá origem à corrente elétrica.

RESISTÊNCIA

É a dificuldade que certos materiais oferecem à passagem da corrente elétrica.

POTÊNCIA

É o trabalho produzido, ou seja, a tensão elétrica aplicada x corrente elétrica.

As unidades de medida das grandezas são homenagens prestadas aos seus respectivos descobridores:

Ampère - Andrea Maria Ampère (francês)

Volt - Alexandre Volta (italiano)

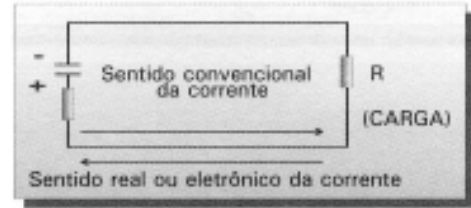
Ohm - George S. Ohm (inglês)

Watt - James Watt (inglês)

TENSÃO E CORRENTE CONTÍNUA

Se a tensão permanecer constante, haverá uma corrente que terá sempre o mesmo sentido e que é chamada de corrente contínua. Essa tensão que dá origem a uma corrente contínua é chamada de tensão contínua. Como a corrente contínua é chamada abreviadamente de CC ou DC, a abreviação usada para indicar a tensão contínua e tensão CC ou DC.

As pilhas e as baterias de acumuladores fornecem corrente contínua. Alguns tipos de geradores elétricos são utilizados para fornecerem tensão contínua. Os terminais de uma fonte de tensão contínua são marcados com os sinais “+” (positivo) e “-“ (negativo), indicando o sentido em que a corrente circula no circuito. No sentido convencional a corrente circula do terminal “+” para o terminal e no sentido real ou eletrônico circula do terminal “-“ para o terminal “+”.



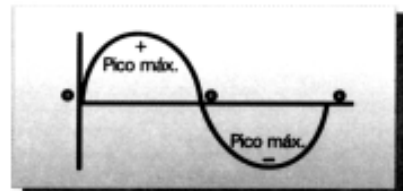
TENSÃO E CORRENTE ALTERNADA

Uma fonte de tensão que muda a polaridade em intervalos regulares (ciclo) produz uma corrente que muda de sentido constantemente e é chamada de corrente alternada (CA ou AC).

A CA apresenta certas características muito úteis. Pode ser facilmente transformada para valores mais altos ou mais baixos. Essa característica torna possível transmitir economicamente a CA a longas distâncias. Em consequência pode-se construir usinas geradoras de CA em fontes remotas de potência hidráulica e fornecer essa eletricidade a consumidores distantes. É possível ainda transformarmos a CA em CC pelo processo de retificação.

CICLO

É a variação da corrente alternada, isto é, primeiro aumenta de zero até o pico máximo positivo, depois diminui até zero e em seqüência aumenta até o máximo negativo e volta a zero.



O número de ciclo que ocorre por segundo é chamado de freqüência. A unidade de medida de freqüência é o Hertz (Hz). A freqüência usual da rede elétrica residencial (50 a 60Hz) significa que 50 a 60 ciclos se repetem em 1 segundo.

SIMBOLOGIA

GRANDEZAS ELÉTRICAS FUNDAMENTAIS	
Significado	
Corrente contínua	—
Corrente alternada	~
Corrente contínua e alternada	~
Exemplo de corrente alternada monofásica 60Hz	
Exemplo de corrente contínua 2 condutores, tensão de 220V	

CIRCUITO ELÉTRICO

Não é nenhuma novidade que a eletricidade é utilizada em diferentes situações. Basta observarmos, por exemplo, o movimento dos motores, as luzes acesas, o calor do ferro de passar roupas e inúmeras outras aplicações de energia elétrica, em nosso dia a dia.

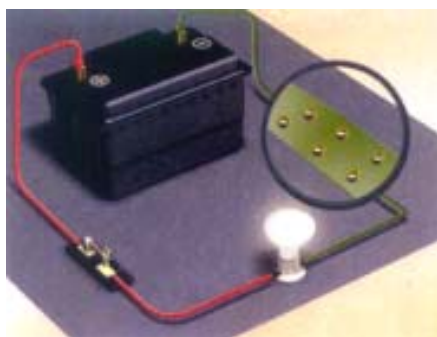
Os diversos efeitos provocados pela utilização da energia elétrica, como, a luz, o calor, o som e o movimento têm um ponto em comum: necessitam de um circuito elétrico. Mas, o que vem a ser um circuito elétrico?

Circuito elétrico é o caminho fechado por onde circula a corrente elétrica.

Você conhecerá, agora, as características, as funções e os componentes do circuito elétrico para poder reconhecer um circuito, identificar seus componentes e representá-los com símbolos. Para isso, você já deverá ter dominado alguns conteúdos referentes à estrutura da matéria e à corrente elétrica. Sempre que possível, relacione o seu estudo com as situações práticas do dia a dia para garantir um aprendizado eficiente.

MATERIAIS CONDUTORES

São aqueles que permitem a passagem de corrente elétrica todas as vezes que se aplica uma diferença de potencial (ddp) entre suas extremidades.



VOCÊ SABIA QUE:

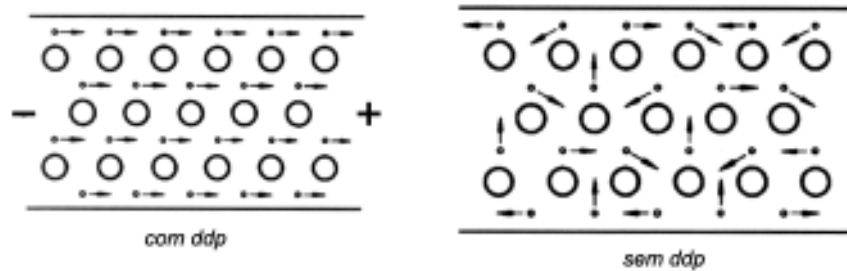
Os condutores são empregados em todos os dispositivos e equipamentos elétricos e eletrônicos?

Existem materiais sólidos, líquidos e gasosos que são condutores elétricos. Entretanto, nas áreas da eletricidade e da eletrônica, os materiais sólidos, como o cobre, por exemplo, são os mais importantes.

Mas, o que faz um material sólido ser condutor de eletricidade?

Para responder a esta pergunta, vamos retomar algumas noções sobre cargas elétricas, que você já estudou:

- os elétrons livres são cargas elétricas que se movimentam no interior dos materiais sólidos;
- a corrente elétrica é formada pelos elétrons livres que se movimentam **ordenadamente**.

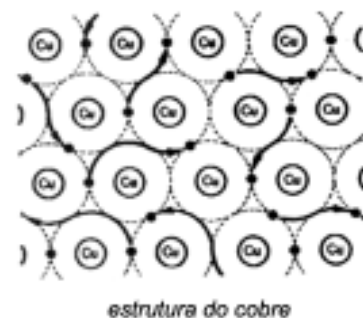


Pois bem, dependendo da intensidade da atração existente entre o núcleo do átomo e os elétrons livres, temos um material sólido condutor de eletricidade.

Quanto **menor** for a atração entre o núcleo do átomo e os elétrons livres, **maior** será a capacidade do material em deixar fluir a corrente elétrica.

Os metais são considerados excelentes condutores de corrente elétrica porque os elétrons da última camada da eletrosfera (elétrons de valência) estão **fracamente** ligados ao núcleo do átomo. Por causa disso, desprendem-se com facilidade o que permite o seu movimento ordenado.

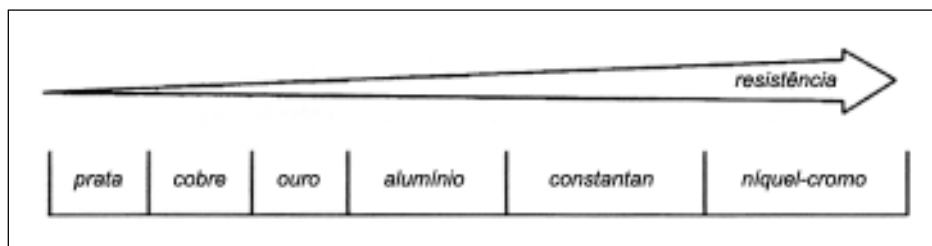
Tomando, como exemplo, a estrutura atômica do cobre, sabe-se que cada átomo tem 29 elétrons, estando apenas um deles na última camada. Esse elétron desprende-se do núcleo do átomo e se movimenta livremente no interior do material. A estrutura química do cobre compõe-se de numerosos núcleos fixos, rodeados por elétrons livres que se movimentam intensamente de um núcleo para o outro.



VOCÊ SABIA QUE:

A intensa mobilidade ou liberdade de movimentação dos elétrons no interior da estrutura química do cobre faz dele um material de grande condutividade elétrica. E que os bons condutores são os materiais com baixa resistência elétrica?

O quadro a seguir indica a resistência elétrica de alguns materiais condutores em ordem crescente.



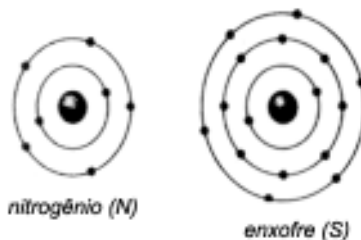
Por esse quadro, você pode observar que, depois da prata, o cobre é considerado o melhor condutor elétrico. Em geral, o cobre é o metal mais usado na fabricação de condutores para instalações elétricas.

MATERIAIS ISOLANTES

São aqueles que apresentam comportamento totalmente oposto ao dos materiais condutores, pois apresentam forte oposição à circulação de corrente elétrica no interior de sua estrutura.

A oposição dos materiais isolantes à passagem da corrente elétrica acontece porque os elétrons livres dos átomos que compõem a sua estrutura química são fortemente ligados a seus núcleos e dificilmente são liberados para a circulação.

A estrutura atômica dos materiais isolantes compõe-se de átomos com cinco ou mais elétrons na última camada energética.



Os exemplos mais conhecidos de materiais isolantes são: a madeira, o plástico, o teflon, o poliéster, a borracha, o vidro, a cerâmica, a lã e o papel.

VOCÊ SABIA QUE:

*Em condições anormais, um material isolante pode tornar-se condutor? Trata-se do fenômeno conhecido por **ruptura dielétrica**.*

A ruptura dielétrica ocorre quando uma grande quantidade de energia é aplicada a um material normalmente isolante, fazendo com que os elétrons normalmente presos aos núcleos dos átomos sejam arrancados das órbitas e, com isso, provoquem a circulação de corrente.

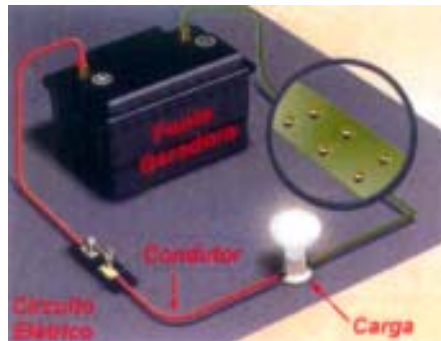
No desligamento de um interruptor elétrico, a formação de faíscas é um exemplo típico de ruptura dielétrica. A tensão elevada entre os contatos no momento da abertura fornece grande quantidade de energia, provocando a ruptura dielétrica do ar e gerando a faísca.

COMPONENTES DO CIRCUITO ELÉTRICO

Como já foi dito, o circuito elétrico é o **caminho fechado** em que circula a corrente elétrica. Dependendo do efeito desejado, o circuito elétrico faz com que a eletricidade assuma as mais diversas formas: luz, som, calor e movimento.

O circuito elétrico mais simples que se pode montar é constituído de três componentes:

- fonte geradora;
- carga;
- condutores.



FONTE GERADORA

Todo circuito elétrico necessita de uma fonte geradora, também chamada de fonte de alimentação ou simplesmente fonte.

A existência da tensão é condição fundamental para o funcionamento de todos os circuitos elétricos. As fontes geradoras são os meios pelos quais se pode fornecer a tensão necessária ao funcionamento desses consumidores.

Essas fontes geram energia elétrica de vários modos:

- Por ação térmica;
- Por ação da luz;
- Por ação mecânica;
- Por ação química;
- Por ação magnética.

• GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR AÇÃO TÉRMICA

Pode-se obter energia elétrica por meio do aquecimento direto da junção de dois metais diferentes.

Por exemplo, se um fio de cobre e outro de constantan (liga de cobre e níquel) forem unidos por uma de suas extremidades e se esses fios forem aquecidos nessa junção, aparecerá uma tensão elétrica nas outras extremidades. Isso acontece porque o aumento de temperatura acelera a movimentação dos elétrons livres e faz com que eles passem de um material para outro, causando uma diferença de potencial.

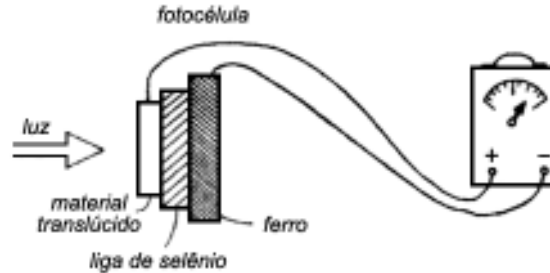
À medida que aumentamos a temperatura da junção, aumenta também o valor da tensão elétrica na outra extremidade.

Esse tipo de geração de energia elétrica por ação térmica é utilizado num dispositivo chamado termoelétrico, usado como elemento sensor nos pirômetros que são aparelhos usados para medir temperatura dos fornos industriais.



• GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR AÇÃO DA LUZ

Para gerar energia elétrica por ação da luz, utiliza-se o efeito fotoelétrico. Esse efeito ocorre quando irradiações luminosas atingem um fotoelemento. Isso faz com que os elétrons livres da camada semicondutora se desloquem até seu anel metálico.



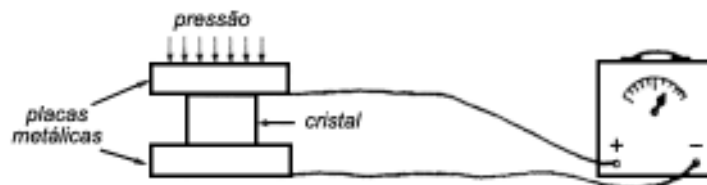
Dessa forma, o anel se torna negativo e a placa-base, positiva. Enquanto dura a incidência da luz, uma tensão aparece entre as placas.

O uso mais comum desse tipo de célula fotoelétrica é no armazenamento de energia elétrica em acumuladores e baterias solares.

• GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR AÇÃO MECÂNICA

Alguns cristais, como o quartzo, a turmalina e os sais de Rochelle, quando submetidos a ações mecânicas como compressão e torção, desenvolvem uma diferença de potencial.

Se um cristal de um desses materiais for colocado entre duas placas metálicas e sobre elas for aplicada uma variação de pressão, obteremos uma ddp produzida por essa variação. O valor da diferença de potencial dependerá da pressão exercida sobre o conjunto.

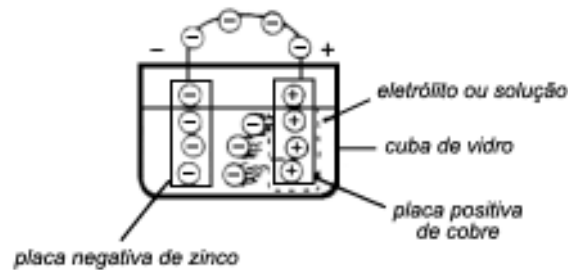


Os cristais como fonte de energia elétrica são largamente usados em equipamentos de pequena potência como toca-discos, por exemplo. Outros exemplos são os isqueiros chamados de “eletrônicos” e os acendedores do tipo Magiclick.

• GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR AÇÃO QUÍMICA

Outro modo de se obter eletricidade é por meio da ação química. Isso acontece da seguinte forma: dois metais diferentes como cobre e zinco são colocados dentro de uma solução química (ou eletrólito) composta de sal ($H_2O + NaCl$) ou ácido sulfúrico ($H_2O + H_2SO_4$), constituindo-se de uma célula primária.

A reação química entre o eletrólito e os metais, vai retirando os elétrons do zinco. Estes passam pelo eletrólito e vão se depositando no cobre. Dessa forma, obtém-se uma diferença de potencial, ou tensão, entre os bornes ligados no zinco (negativo) e no cobre (positivo).

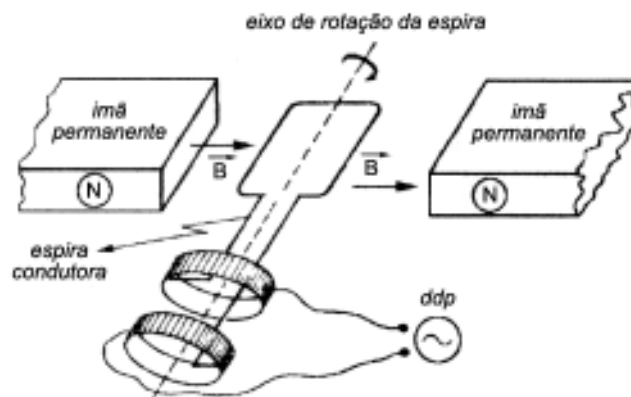


A pilha de lanterna funciona segundo o princípio da célula primária que acabamos de descrever. Ela é constituída basicamente por dois tipos de materiais em contato com um preparado químico.



• GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR AÇÃO MAGNÉTICA

O método mais comum de produção de energia elétrica em larga escala é por ação magnética. A eletricidade gerada por ação magnética é produzida quando um condutor é movimentado dentro do raio de ação de um campo magnético. Isso cria uma ddp que aumenta ou diminui com o aumento ou a diminuição da velocidade do condutor ou da intensidade do campo magnético.



A tensão gerada por este método é chamada de tensão alternada, pois suas polaridades são variáveis, ou seja, se alternam. Os alternadores e dínamos são exemplos de fontes geradoras que produzem energia elétrica segundo o princípio que acaba de ser descrito.

CARGA

Também chamada de **consumidor** ou **receptor** de energia elétrica, é o componente do circuito elétrico que transforma a energia elétrica fornecida pela fonte geradora em outro tipo de energia. Essa energia pode ser mecânica, luminosa, térmica e sonora.

Exemplos de cargas são as lâmpadas que transformam energia elétrica em energia luminosa; o motor que transforma energia elétrica em energia mecânica; o rádio que transforma energia elétrica em sonora.

ATENÇÃO!

UM CIRCUITO ELÉTRICO PODE TER UMA OU MAIS CARGAS ASSOCIADAS.

CONDUTORES

Atuam como elo de ligação entre a **fonte geradora** e a **carga**, servindo de meio de transporte da corrente elétrica. Os condutores mais comuns são: os fios metálicos, os cabos e os cordões elétricos.

• MEDIDA DOS FIOS

As medidas específicas nos fios referem-se à sua área de condutibilidade. Por isso, ela é fornecida em mm^2 .

Por medida de segurança, quando se instala algum acessório, é importante que a escolha do condutor (fio) seja feita com critério, de acordo com a potência do consumidor, corrente, tensão, etc.

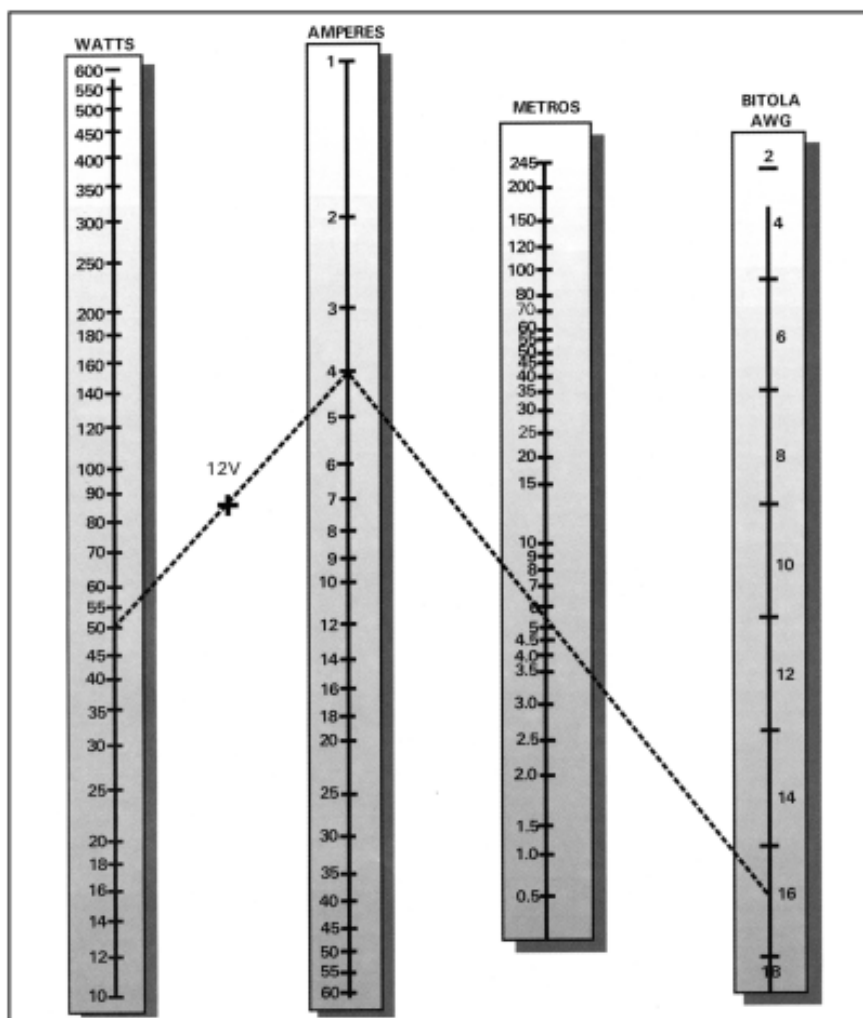
Para que isso possa ser feito, fornecemos, a seguir, as tabelas de equivalência de condutores e do cálculo para a determinação dos mesmos.



• TABELA DE EQUIVALÊNCIA

Escala AWG	Secção Transversal (mm ²)	Diâmetro Aproximado (mm)
20	0,5	0,81
18	0,82	1,63
17	1,04	1,15
16	1,31	1,29
15	1,65	1,45
14	2,08	1,63
13	2,62	1,83
11	4,17	2,30
9	6,63	2,91

CÁLCULO DE CONDUTORES SOB TENSÃO DE 12 VOLTS

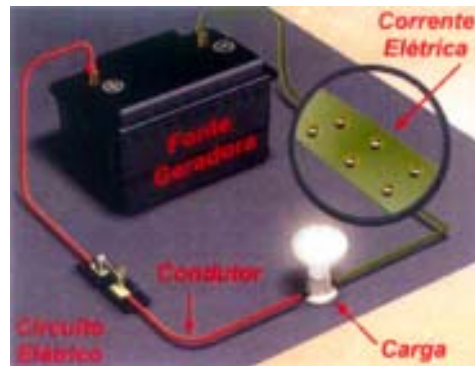


EXEMPLO

Encontrar a bitola do condutor que deve ser utilizado para alimentar um consumo de 50 watts em 12 volts e que possua um comprimento de fiação de cinco metros.

Resposta: linha pontilhada; condutor nº 16.

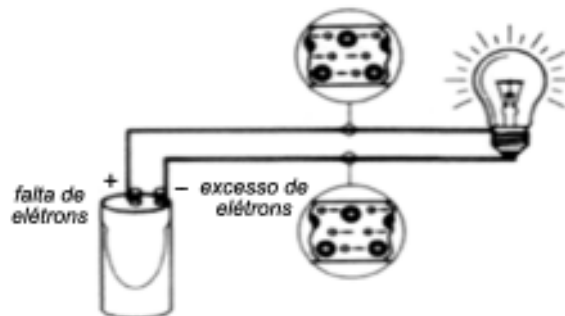
Uma lâmpada, ligada por condutores a uma bateria, é um exemplo típico de circuito elétrico simples, formado por três componentes.



Veja como se forma o circuito elétrico indicado na figura anterior:

- a lâmpada traz em seu interior uma resistência, chamada filamento;
- a resistência fica incandescente e gera luz quando percorrida pela corrente elétrica;
- a corrente é formada quando o filamento recebe a tensão por meio dos terminais de ligação;
- a lâmpada, quando ligada à bateria por meio de condutores, permite a formação de um circuito elétrico, pois os elétrons, em excesso no pólo negativo da pilha, movimentam-se pelo condutor e pelo filamento da lâmpada em direção ao pólo positivo da pilha.

A figura a seguir ilustra o movimento dos elétrons livres. Esses elétrons saem do pólo negativo, passam pela lâmpada e se dirigem ao pólo positivo da pilha.



ATENÇÃO!

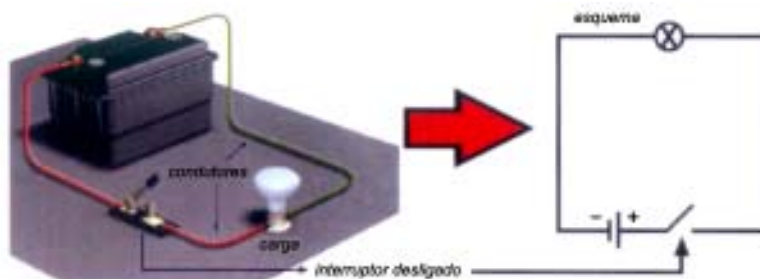
ENQUANTO A PILHA FOR CAPAZ DE MANTER O EXCESSO DE ELÉTRONS NO PÓLO NEGATIVO E A FALTA DE ELÉTRONS NO PÓLO POSITIVO, A LÂMPADA PERMANECERÁ ACESA, POIS CONTINUARÁ A EXISTIR PASSAGEM DE CORRENTE ELÉTRICA NO CIRCUITO.

Além da fonte geradora, do consumidor e condutor, o circuito elétrico possui um componente adicional chamado de **interruptor** ou **chave**. A função desse componente é comandar o funcionamento dos circuitos elétricos.



Quando aberto ou desligado, o interruptor provoca uma abertura em um dos condutores. Assim, o circuito elétrico não corresponde a um caminho fechado, porque um dos pólos da pilha (positivo) está desconectado do circuito e não há circulação da corrente elétrica.

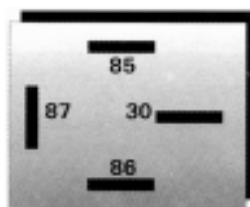
Quando o interruptor está ligado, seus contatos estão fechados, tornando-se um condutor de corrente contínua. Nessas condições, o circuito constitui novamente um caminho fechado por onde circula a corrente elétrica.



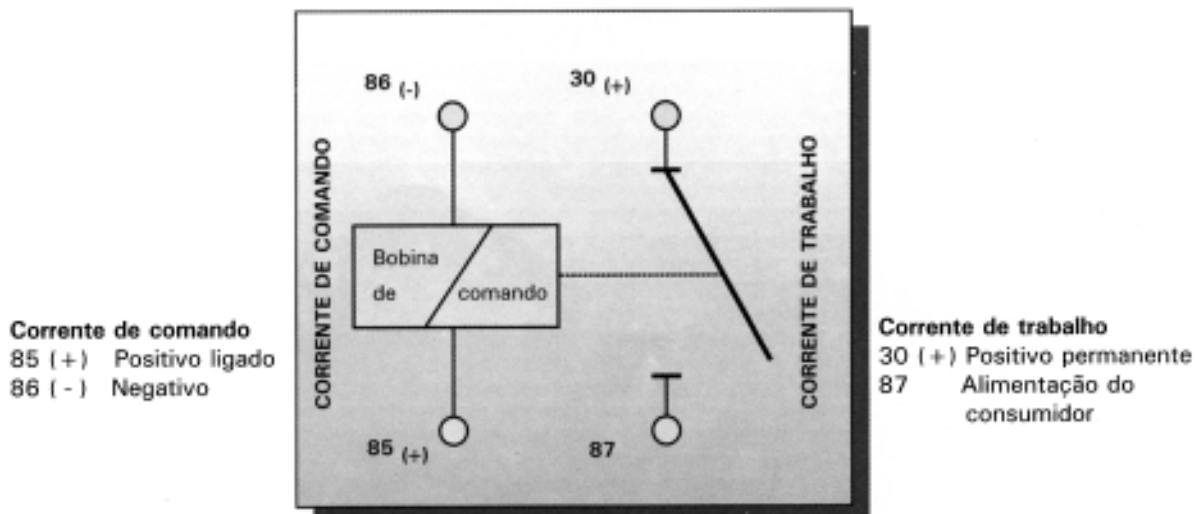
Em alguns circuitos de corrente elétrica elevada, devemos utilizar um interruptor magnético denominado relé universal, é um eletroímã que é usado como dispositivo de ligação em circuito elétrico.

• APLICAÇÃO

Relés em circuitos elétricos agem como fator de economia, funcionalidade e segurança, evitando queda de tensão, o que garante um bom funcionamento dos componentes elétricos. Um relé simples possui normalmente quatro pontos de ligação, sendo dois para a corrente de comando (linhas 85 e 86) e dois para a corrente de trabalho (linhas 30 e 87).



- **RELÉ – ESQUEMA ELÉTRICO**



Num relé de comando eletrônico, a alimentação (corrente) é feita pela linha 15 (via chave de contato) e a massa é direta através da linha 31.

O impulso ou sinal para que o relé seja ativado vem do interruptor para o comando eletrônico temporizado que determina o período em que o mesmo deve permanecer ligado, alimentando o consumidor.

Relés de comando eletrônico são usados no circuito dos indicadores de direção e advertência, temporizador do limpador de pára-brisa, plena potência para veículos com climatizador e transmissão automática, etc.

- **FUSÍVEIS**

É importante observar que os fusíveis são elementos de fusão encapsulados em material isolante, portanto, mais fracos (de seção reduzida), que são propositadamente intercalados no circuito, para interrompê-lo sob condições anormais.

Considerando-se que todo circuito elétrico, com sua fiação, elementos de proteção e de manobras foi dimensionado para uma determinada corrente nominal, dada pela carga que se pretende ligar, é imediata a conclusão de que os fusíveis dimensionados para o circuito não devem ser nunca substituídos por outros de maior corrente nominal.

• CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS DOS FUSÍVEIS

CORRENTE NOMINAL

É a corrente máxima que o fusível suporta continuamente sem provocar a sua destruição.

CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO








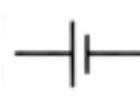
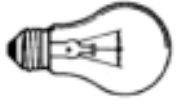
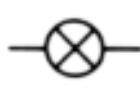

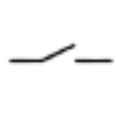
É a corrente máxima que pode circular no circuito e que deve ser interrompida instantaneamente.

• SUBSTITUIÇÃO DOS FUSÍVEIS

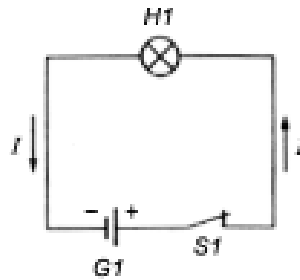
Quando danificados, os fusíveis devem ser substituídos, em virtude de não haver recondição adequado do elo de fusão.

SIMBOLOGIA

Por facilitar a elaboração de esquemas ou diagramas elétricos, existe uma simbologia para representar graficamente cada componente num circuito elétrico. A tabela a seguir mostra alguns símbolos utilizados nos esquemas ou diagramas elétricos e seus respectivos componentes.

DESIGNAÇÃO	FIGURA	SÍMBOLO
Condutor		
Cruzamento sem conexão		
Cruzamento com conexão		
Fonte, gerador ou bateria		
Lâmpada		
Interruptor		

O esquema a seguir representa um circuito elétrico formado por lâmpada, condutores, interruptor e pilha. Nesse esquema, a corrente elétrica é representada por uma seta acompanhada pela letra I .



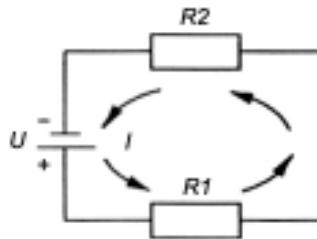
TIPOS DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

Os tipos de circuitos elétricos são determinados pela maneira como seus componentes são ligados. Assim, existem três tipos de circuitos: série; paralelo e misto.

CIRCUITO SÉRIE

Todos os componentes (cargas) são ligados um após o outro, existindo um único caminho para a corrente elétrica, a qual sai do pólo positivo da fonte, passa pelo primeiro componente (R_1); passa pelo seguinte (R_2) e, assim por diante, até chegar ao pólo negativo da fonte.

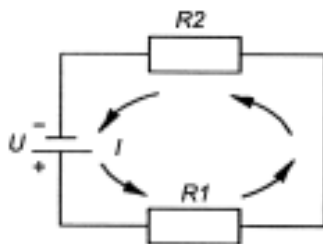
Veja representação esquemática do circuito série no diagrama a seguir.



ATENÇÃO!

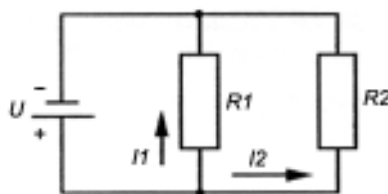
O VALOR DA CORRENTE ELÉTRICA É SEMPRE O MESMO EM QUALQUER PONTO DO CIRCUITO SÉRIE, POIS A CORRENTE TEM APENAS UM ÚNICO CAMINHO PARA PERCORRER.

O circuito série também é chamado de **dependente** porque se houver falha ou se qualquer um dos componentes for retirado do circuito, a circulação da corrente cessa.



CIRCUITO PARALELO

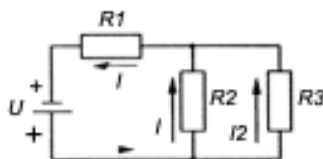
Os componentes estão ligados em paralelo entre si, conforme indica o circuito a seguir.



No circuito paralelo, a corrente é diferente em cada ponto do circuito. Depende da resistência de cada componente à passagem da corrente elétrica e da tensão aplicada sobre ele. Todos os componentes ligados em paralelo recebem a mesma tensão.

CIRCUITO MISTO

Os componentes estão ligados em série e em paralelo, conforme o esquema a seguir.



No circuito misto, o componente R_1 ligado em série, ao ser atravessado por uma corrente, causa uma queda de tensão porque é uma resistência. Assim, os resistores R_2 e R_3 que estão ligados em paralelo, receberão a tensão da rede menos a queda de tensão provocada por R_1 .

INSTRUMENTOS DE MEDIÇÕES ELÉTRICAS

MULTÍMETRO

Denominado também como Multiteste ou Meter. Em eletrônica é muito comum a medição de grandezas elétricas diferentes em diversos pontos dentro de um circuito. Assim, há a necessidade de um instrumento versátil capaz de realizar tais medições.

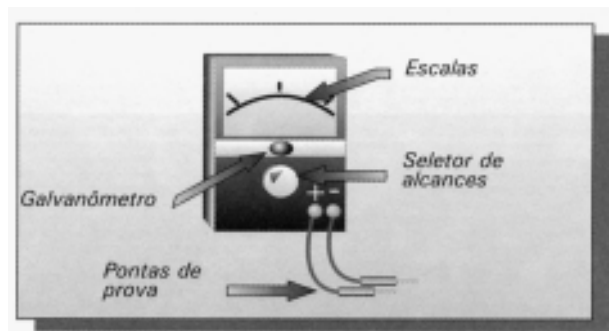
O multímetro é um instrumento de medição eletrônica, por contato elétrico, com escalas de medição analógica ou digital. É um instrumento capaz de fazer a medição das principais grandezas, como tensão, corrente e resistência.

Os multímetros podem ser classificados quanto à complexidade do seu circuito interno em:

- Multímetro VOM (simples)
- Multímetro eletrônico

MULTÍMETRO VOM

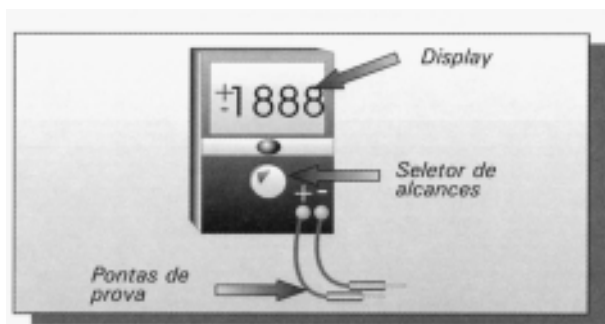
O multímetro VOM é constituído de pouca complexidade, basicamente um galvanômetro e divisores de tensão e corrente.



O galvanômetro é um dispositivo eletromecânico de medida, com indicação analógica. A sensibilidade do galvanômetro é a principal responsável pela precisão do VOM.

MULTÍMETRO ELETRÔNICO

O multímetro eletrônico é constituído de circuito mais complexo, proporcionando maior precisão de medida, com indicação analógica ou digital.

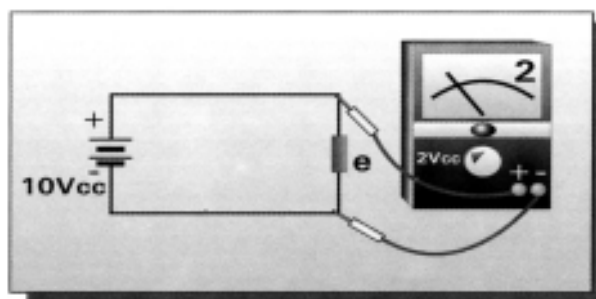


MEDIÇÃO COM MULTÍMETRO

Em eletroeletrônica são feitas calibrações e manutenções de circuitos, nas quais a correta utilização do multímetro é fundamental para a precisão de medidas e para a conservação do instrumento. Medição com o multímetro é o processo para obter medidas das principais grandezas elétricas, como tensão, corrente e resistência.

MEDIÇÃO DE TENSÃO

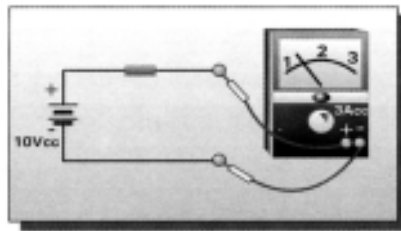
1. Ajustar o multímetro para medir tensão em CC ou CA (\bar{V} \tilde{V}).
2. Selecionar a faixa de tensão adequada, através do seletor de alcances, de forma que a tensão a ser medida nunca seja maior que a tensão de fundo de escala ou final de escala. Se o valor da tensão a ser medida for totalmente desconhecido, ajustar o seletor de alcance para medição de máxima tensão.
3. Conectar as pontas de prova com o circuito ou componente, no qual será medida a tensão, respeitando as polaridades (+ e -) no caso de CC.



4. Ler, no mostrador, o valor da medida e, se necessário, selecionar outro alcance da escala para maior precisão.

MEDIÇÃO DE CORRENTE

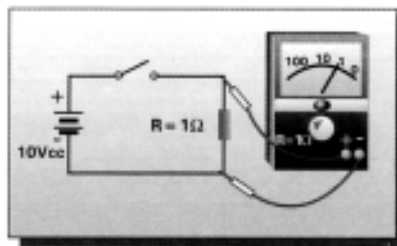
1. Ajustar o multímetro para medir CC ou CA (\bar{A} \tilde{A}).
2. Selecionar a faixa de corrente adequada, através do seletor de alcances, de forma que a corrente a ser medida nunca seja maior que a corrente de fundo de escala. Se a intensidade da corrente a ser medida for totalmente desconhecida, ajustar o seletor de alcance para medição de máxima corrente, utilizando uma ligação SCHUNT.
3. Conectar as pontas de prova em série com o circuito ou componente, no qual será medida a corrente, respeitando as polaridades (+ e -) no caso de CC.



4. Ler, no mostrador, o valor da medida e, se necessário, selecionar outro alcance da escala para maior precisão.

MEDIÇÃO DE RESISTÊNCIA

1. Desenergizar o circuito ou componente em teste.
2. Ajustar o multímetro para medição de resistência.
3. Selecionar a faixa de resistência adequada, através do seletor de alcances.
4. Curto-circuitar as pontas de prova e verificar no mostrador se a leitura é de 00. Caso contrário, fazer o ajuste de OQ se houver um controle para este fim.
5. Conectar as pontas de prova em paralelo com o circuito ou componente.



6. Ler, no mostrador, o valor da medida e, se necessário, selecionar outro alcance da escala para maior precisão.

LEI DE OHM

Muitos cientistas têm se dedicado ao estudo da eletricidade, como *Georg Simon Ohm*. Ao estudar corrente elétrica, o pesquisador definiu a relação existente entre corrente, tensão e resistência elétricas em um circuito e formulou a sua Lei de Ohm.

Hoje, os conhecimentos sobre eletricidade foram muito ampliados. Contudo, a Lei de Ohm, formulada em 1827, continua sendo uma lei básica da eletricidade e da eletrônica. Por isso, é importante conhecê-la para compreensão dos circuitos eletroeletrônicos.

A partir deste momento, você vai conhecer a Lei de Ohm e a forma como a corrente elétrica é medida. Desse modo, você será capaz de determinar matematicamente e medir os valores das grandezas elétricas em um circuito.

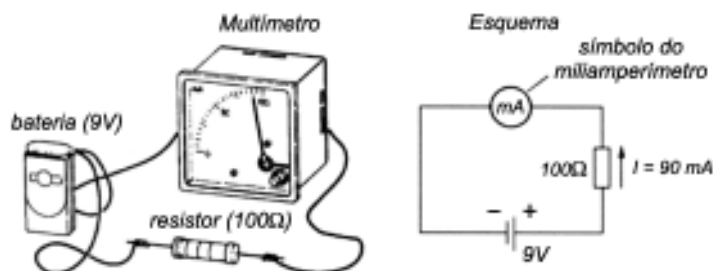
Para entender melhor os conteúdos, aqui, apresentados, você já deve conhecer tensão elétrica, corrente e resistência elétrica e seus respectivos instrumentos de medição.

DETERMINAÇÃO DA LEI DE OHM

A **Lei de Ohm** estabelece uma relação entre as grandezas elétricas: tensão (V), corrente (I) e resistência (R) em um circuito.

A Lei de Ohm é verificada a partir de medições de tensão, corrente e resistência realizadas em circuitos elétricos simples, compostos por uma fonte geradora e um resistor.

Montando-se um circuito elétrico com uma fonte geradora de 9V e um resistor de 100Ω , o multímetro, ajustado na escala de **miliamperímetro**, deverá apresentar uma corrente circulante de 90mA.



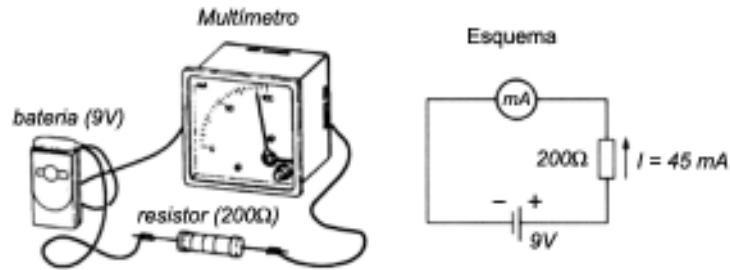
Formulando a questão, temos:

$$V = 9V$$

$$R = 100\Omega$$

$$I = 90mA$$

Se o resistor de 100Ω for substituído por outro de 200Ω , a resistência do circuito torna-se maior. Com isso, o circuito impõe uma oposição **mais intensa** à passagem da corrente e faz com que a corrente circulante seja **menor**.



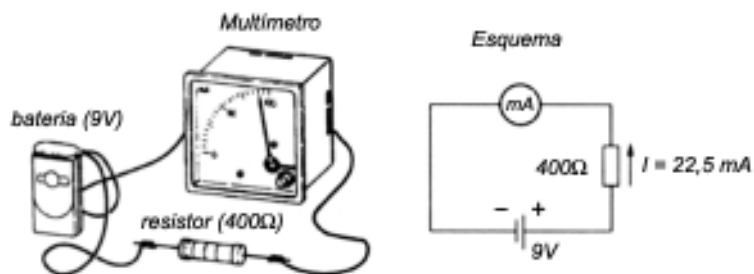
Formulando a questão, temos:

$$V = 9V$$

$$R = 200\Omega$$

$$I = 45mA$$

À medida que aumenta o valor do resistor, também aumenta a oposição à passagem da corrente que decresce na mesma proporção.



Formulando a questão, temos:

$$V = 9V$$

$$R = 400\Omega$$

$$I = 22,5mA$$

Colocando em tabela os valores obtidos nas diversas situações, obtemos:

SITUAÇÃO	TENSÃO (V)	RESISTÊNCIA	CORRENTE (I)
1	9V	100Ω	90mA
2	9V	200Ω	45mA
3	9V	400Ω	22,5mA

Analisando-se a tabela de valores, verificamos que:

- o valor da tensão aplicada ao circuito é sempre o mesmo; portanto, as variações da corrente são provocadas pela mudança de resistência do circuito. Ou seja, quando a resistência do circuito aumenta, a corrente no circuito diminui;
- dividindo-se o valor de tensão aplicada pelo valor da resistência do circuito, obtemos o valor da intensidade de corrente:

TENSÃO APLICADA	RESISTÊNCIA	CORRENTE
9V ÷	100Ω	= 90mA
9V ÷	200Ω	= 45mA
9V ÷	400Ω	= 22,5mA

A partir dessas observações, podemos concluir que:

O valor de corrente que circula em um circuito é encontrado dividindo-se o valor de tensão aplicada pela sua resistência. Transformando esta afirmação em equação matemática, temos a Lei de Ohm:

$$I = \frac{V}{R}$$

Com base nessa equação, temos o enunciado da Lei de Ohm:

*A intensidade da corrente elétrica em um circuito é **diretamente proporcional** à tensão aplicada e **inversamente proporcional** à sua resistência.*

APLICAÇÃO DA LEI DE OHM

Utilizamos a Lei de Ohm para determinar os valores de tensão (V), corrente (I) ou resistência (R) em um circuito. Para obter em um circuito o valor desconhecido, basta conhecermos dois dos valores da equação da Lei de Ohm: **V e I**, **I e R** ou **V e R**.

Para determinar um valor desconhecido, a partir da fórmula básica, usamos as operações matemáticas e isolamos o termo procurado.

A fórmula básica decorrente da Lei de Ohm é:

$$I = \frac{V}{R}$$

As fórmulas derivadas da fórmula básica são as seguintes:

$$R = \frac{V}{I}$$

$$V = R \cdot I$$

Para que as equações decorrentes da Lei de Ohm sejam utilizadas, os valores das grandezas elétricas devem ser expressos nas unidades fundamentais:

- volt (V) \Rightarrow tensão
- ampère (A) \Rightarrow corrente
- ohm (Ω) \Rightarrow resistência

ATENÇÃO!

SE OS VALORES DE UM CIRCUITO ESTÃO INDICADOS EM MÚLTIPLOS OU SUBMÚLTIPLOS DAS UNIDADES, ESSES VALORES DEVEM SER CONVERTIDOS PARA AS UNIDADES FUNDAMENTAIS ANTES DE SEREM USADOS NAS EQUAÇÕES.

Veja a seguir alguns exemplos de aplicação da Lei de Ohm.

EXEMPLO 1

Vamos supor que uma lâmpada utiliza uma alimentação de 6V e tem 120Ω de resistência. Qual o valor da corrente que circula pela lâmpada quando ligada?

Formulando a questão, temos:

$$V = 6V$$

$$R = 120\Omega$$

$$I = ?$$

Como os valores de V e R já estão nas unidades fundamentais volt e ohm, basta aplicarmos os valores na equação:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{6}{120} = 0,05A$$

O resultado é dado também na unidade fundamental de intensidade de corrente. Portanto, circulam 0,05A ou 50mA, quando a lâmpada é ligada.

EXEMPLO 2

Vamos supor também que o motor de um carrinho de autorama atinge a rotação máxima ao receber 9V da fonte de alimentação. Nessa situação, a corrente do motor é de 230mA. Qual é a resistência do motor?

Formulando a questão, temos:

$$V = 9V$$

$$I = 230mA \text{ (ou } 0,23A)$$

$$R = ?$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{9}{0,23} = 39,1\Omega$$

EXEMPLO 3

Vamos supor ainda que um resistor de $22\text{k}\Omega$ foi conectado a uma fonte cuja tensão de saída é desconhecida. Um **miliamperímetro** colocado em série no circuito indicou uma corrente de $0,75\text{mA}$. Qual a tensão na saída da fonte?

Formulando a questão, temos:

$$I = 0,75\text{mA} \text{ (ou } 0,00075\text{A)}$$

$$R = 22\Omega \text{ (ou } 22000\Omega)$$

$$R = ?$$

$$V = R \cdot I$$

$$V = 22000 \cdot 0,00075 = 16,5\text{V}$$

$$\mathbf{V = 16,5V}$$

POTÊNCIA ELÉTRICA EM CORRENTE CONTÍNUA

Certos conceitos da física já fazem parte do nosso dia-a-dia. Quando escolhemos, por exemplo, uma lâmpada de menor potência para gastar menos energia elétrica, estamos utilizando um conceito de física chamado potência.

O conceito de potência está diretamente ligado à idéia de:

- força;
- produção de som;
- calor;
- luz;
- gasto de energia.

Vamos tratar agora de potência elétrica em CC. Ao estudá-la, você terá oportunidade de aprender como se determina a **potência dissipada**, isto é, **potência consumida** por uma carga ligada a uma fonte de energia elétrica.

TRABALHO ELÉTRICO

Ao passar por uma carga instalada em um circuito, a corrente elétrica produz, entre outros efeitos, calor, luz e movimento. Esses efeitos são denominados de **trabalho**.

O trabalho de transformação de energia elétrica em outra forma de energia é realizado pelo **consumidor** ou pela **carga**. Ao transformar a energia elétrica, o consumidor realiza um **trabalho elétrico**.

O tipo de trabalho depende da natureza do consumidor de energia. O aquecedor, por exemplo, produz calor; a lâmpada, luz e o ventilador, movimento.

A capacidade de cada consumidor produzir trabalho, em determinado tempo, a partir da energia elétrica é chamada de **potência elétrica (P)**, representada pela fórmula:

$$P = \frac{\tau}{t}$$

Onde **P** é a potência; **τ** (lê-se “tal”) é o trabalho e **t** é o tempo.

ATENÇÃO!

**PARA DIMENSIONAR CORRETAMENTE CADA COMPONENTE DO CIRCUITO ELÉTRICO
É PRECISO CONHECER A SUA POTÊNCIA.**

EFEITOS DO TRABALHO ELÉTRICO

Os circuitos elétricos são montados visando ao aproveitamento da energia elétrica. Nesses circuitos, a energia elétrica é convertida em **calor**, **luz** e **movimento**. Isso significa que o trabalho elétrico pode gerar os seguintes efeitos:

- **calorífico** - nos fogões, chuveiros, aquecedores, a energia elétrica se converte em calor.
- **luminoso** - nas lâmpadas, a energia elétrica se converte em luz e uma parcela em calor.
- **mecânico** - os motores convertem energia elétrica em força motriz, ou seja, em movimento.



Efeito calorífico



Efeito luminoso



Efeito mecânico

As empresas fornecedoras de energia elétrica cobram o trabalho elétrico que nos fornecem em um determinado período. Esse trabalho corresponde ao nosso consumo de energia elétrica nas lâmpadas, nos aparelhos elétricos e eletrônicos.

POTÊNCIA ELÉTRICA

Analisando um tipo de carga como as lâmpadas, por exemplo, vemos que nem todas produzem a mesma quantidade de luz. Uma produz grandes quantidades de luz e outras, pequenas quantidades.

Da mesma forma, existem aquecedores que fervem um litro de água em 10min e outros em apenas cinco minutos. Tanto um quanto outro aquecedor realizam o mesmo trabalho elétrico: aquecer um litro de água à temperatura de 100°C. A única diferença entre esses aquecedores é que um deles é mais rápido, isto é realiza o trabalho em menor tempo.

Assim, **potência elétrica** é a capacidade de realizar um trabalho numa unidade de tempo, a partir da energia elétrica.

Tomando por base a potência projetada ou especificação do fabricante para um aparelho ou equipamento eletroeletrônico, é possível relacionar trabalho elétrico realizado e tempo necessário para sua realização.

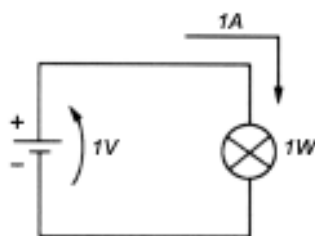
Podemos afirmar que são de potências diferentes:

- aquecedores que levam tempos diferentes para ferver a mesma quantidade de água;
- motores de elevadores (grande potência) e motores de gravadores (pequena potência).

UNIDADE DE MEDIDA

A potência elétrica é uma grandeza e, como tal, pode ser medida. A unidade de medida da potência elétrica é o **watt**, simbolizado pela letra **W**.

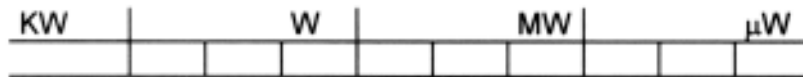
Um watt (1W) corresponde à potência desenvolvida no tempo de um segundo em uma carga, alimentada por uma tensão de 1V, na qual circula uma corrente de 1A.



Veja na tabela a seguir os múltiplos e submúltiplos do **watt** mais utilizados.

DENOMINAÇÃO			VALOR EM RELAÇÃO AO WATT
Múltiplo	Quilowatt	KW	10^3 W ou 1000W
Unidade	Watt	W	1W
Submúltiplos	Miliwatt	MW	10^{-3} W ou 0,001W
	Microwatt	μ W	10^{-6} W ou 0,000001W

Na conversão de valores, usamos o mesmo procedimento utilizado em outras unidades.



Observe a seguir alguns exemplos de conversão:

a) $1,3W = \underline{\hspace{2cm}}$ MW

W			MW

↑ (posição inicial da vírgula)

W			MW

(posição atual da vírgula)↑

$1,3W = 130MW$

b) $350W = \underline{\hspace{2cm}}$ KW

KW			W

KW			W

↑

↑

$350W = 0,35KW$

c) $640mW = \underline{\hspace{2cm}}$ W

W			MW

W			MW

↑

↑

$640mW = 0,640W$

d) $2,1KW = \underline{\hspace{2cm}}$ W

KW			W

KW			W

↑

↑

$2,1KW = 2100W$

DETERMINAÇÃO DA POTÊNCIA EM CC

A potência elétrica de um consumidor depende da tensão aplicada e da corrente que circula nos seus terminais. Matematicamente, essa relação é representada pela fórmula:

$$P = V \cdot I$$

Onde:

P = potência dissipada expressa em **watts (W)**

V = tensão entre os terminais do consumidor expressa em **volts (V)**

I = corrente circulante no consumidor expressa em **ampéres (A)**

EXEMPLO 1

Uma lâmpada de lanterna de 6V solicita uma corrente de 0,5A das pilhas. Qual a potência da lâmpada?

Formulando a questão, temos:

$V = 6V \Rightarrow$ tensão nos terminais da lâmpada

$I = 0,5^A \Rightarrow$ corrente através da lâmpada

$P = ?$

Como $P = V \cdot I \Rightarrow P = 6 \cdot 0,5 = 3W$

Portanto, **P = 3W**

A partir dessa fórmula inicial, obtemos facilmente as equações de corrente para o cálculo de qualquer das três grandezas da equação. Desse modo temos:

- cálculo da potência quando temos os valores da tensão e da corrente:

$$P = V \cdot I$$

- cálculo da corrente quando temos os valores da potência e da tensão:

$$I = \frac{P}{V}$$

- cálculo da tensão quando temos os valores da potência e da corrente:

$$V = \frac{P}{I}$$

Muitas vezes, é preciso calcular a potência de um componente e não temos os valores da tensão e da corrente. Quando não temos o valor da tensão (**V**), não podemos calcular a potência pela equação **P = V . I**. Esta dificuldade pode ser solucionada com auxílio da Lei de Ohm.

Para facilitar a análise, denominamos:

- a fórmula da primeira Lei de Ohm (**V = R . I**) de **equação I**
- a fórmula da potência (**P = V . I**) de **equação II**

Substituindo V da equação II pela definição de V da equação I. Veja como:

$$V = \textcircled{R \cdot I} \Rightarrow \text{equação I}$$

$$\Downarrow$$

$$P = \textcircled{V} \cdot I \Rightarrow \text{equação II}$$

Assim sendo, podemos dizer que

$$P = R \cdot I \cdot I \quad \text{ou} \quad P = R \cdot I^2$$

Esta equação pode ser usada para determinar a potência de um componente. É conhecida como equação da potência por **Efeito Joule**.

ATENÇÃO!

EFEITO JOULE É O EFEITO TÉRMICO PRODUZIDO PELA PASSAGEM DE CORRENTE ELÉTRICA ATRAVÉS DE UMA RESISTÊNCIA.

Podemos realizar o mesmo tipo de dedução para obtermos uma equação que nos permita determinar a potência a partir da tensão e da resistência.

Assim, pela Lei de Ohm, temos:

$$I = \frac{V}{R} \Rightarrow \text{equação I}$$

$$P = V \cdot I \Rightarrow \text{equação II}$$

Fazendo a substituição, obtemos:

$$P = V \cdot \frac{P}{I}$$

A mesma equação também pode ser escrita da seguinte maneira:

$$P = \frac{V^2}{R}$$

A partir das equações básicas, é possível obter outras equações por meio de operações matemáticas.

FÓRMULAS BÁSICAS	FÓRMULAS DERIVADAS
$P = R \cdot I^2$	$R = \frac{P}{I^2}$
	$I = \sqrt{\frac{P}{R}}$
$P = \frac{V^2}{R}$	$V = \sqrt{P \cdot R}$
	$R = \frac{V^2}{P}$

Veja a seguir exemplos de utilização das equações para determinar a potência.

EXEMPLO 1

Um aquecedor elétrico tem uma resistência de 8Ω e solicita uma corrente de 10A. Qual é a sua potência?

Formulando a questão, temos:

$$I = 10A$$

$$R = 8\Omega$$

$$P = ?$$

Aplicando a fórmula $P = I^2 \cdot R$, temos:

$$P = 10^2 \cdot 8$$

$$P = 800W$$

EXEMPLO 2

Um isqueiro de automóvel funciona com 12V fornecidos pela bateria. Sabendo que a resistência do isqueiro é de 3Ω , calcular a potência dissipada.

Formulando a questão:

$$V = 12V$$

$$R = 3\Omega$$

$$P = ?$$

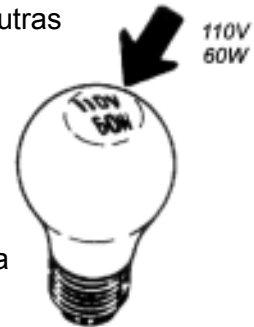
Aplicando a fórmula, temos:

$$P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow P = \frac{12^2}{3} \Rightarrow P = 48\Omega$$

POTÊNCIA NOMINAL

Certos aparelhos como chuveiros, lâmpadas e motores têm uma característica particular: seu funcionamento obedece a uma tensão previamente estabelecida. Assim, existem chuveiros para 110V ou 220V; lâmpadas para 6V, 12V, 110V, 220V e outras tensões; motores, para 110V, 220V, 380V, 760V e outras.

A tensão para a qual esses consumidores são fabricados é chamada de **tensão nominal de funcionamento**. Por isso, os consumidores com essas características devem sempre ser ligados na tensão correta (nominal), geralmente especificada no seu corpo.



Quando os aparelhos são ligados corretamente, a quantidade produzida de calor, luz ou movimento é exatamente aquela para a qual foram projetados. Um exemplo é o da lâmpada de 110 V/60 W que, ligada corretamente (em 110 V), produz 60 W entre luz e calor. Nesse caso, a lâmpada está dissipando a sua potência nominal.

Portanto:

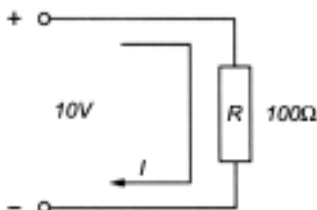
Potência nominal é a potência para qual um consumidor foi projetado.

Sempre que uma lâmpada, aquecedor ou motor trabalha dissipando sua potência nominal, sua condição de funcionamento é considerada ideal.

LIMITE DE DISSIPACÃO DE POTÊNCIA

Há um grande número de componentes eletrônicos que se caracteriza por não ter a tensão de funcionamento especificada. Estes componentes podem funcionar com os mais diversos valores de tensão. É o caso dos resistores que não trazem nenhuma referência quanto à tensão nominal de funcionamento.

Entretanto, podemos calcular qualquer potência dissipada por um resistor ligado a uma fonte geradora. Vamos tomar como exemplo o circuito apresentado na figura a seguir e calcular o valor da potência dissipada.



A potência dissipada é:

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{10^2}{100} = \frac{100}{100} = 1$$

$$P = 1 \text{ W}$$

Como o resistor não produz luz ou movimento, esta potência é dissipada em forma do calor que aquece o componente. Por isso, é necessário verificar se a quantidade de calor produzida pelo resistor não é excessiva a ponto de danificá-lo.

Assim, podemos estabelecer a seguinte relação:

maior potência dissipada \Rightarrow maior aquecimento
 menor potência dissipada \Rightarrow menor aquecimento

ATENÇÃO!

SE A DISSIPACÃO DE POTÊNCIA FOR LIMITADA, A PRODUÇÃO DE CALOR TAMBÉM SERÁ LIMITADA.

MAGNETISMO E ELETROMAGNETISMO

MAGNETISMO

O magnetismo impressionou o homem desde a antigüidade, quando foi percebido pela primeira vez. Segundo os pesquisadores, os habitantes de uma colônia grega, chamada Magnésia, observaram que algumas pedras, como a magnetita, conseguiam atrair pedaços de ferro que, por sua vez, atraíam outros materiais ferrosos.

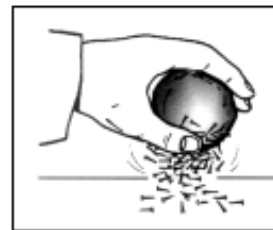
Muitos cientistas dedicaram anos ao estudo desse fenômeno, denominado de **magnetismo** até que pudessem conhecê-lo melhor e aplicá-lo mais proveitosamente, como é o caso da eletricidade e da eletrônica.

Por essa razão, você vai estudar agora o magnetismo natural. Ao estudá-lo, você obterá um conjunto de informações sobre a origem e as características do magnetismo e dos ímãs, que são conhecimentos indispensáveis para o entendimento do eletromagnetismo, que será tratado mais à frente.

ÍMÃS

Para entender o que é um ímã, vejamos inicialmente o que é magnetismo, isto é, a propriedade de certos materiais em exercer uma atração sobre materiais ferrosos.

As propriedades dos corpos magnéticos são muito utilizadas em eletricidade, em motores e geradores e, em eletrônica, nos instrumentos de medição e na transmissão de sinais.



Alguns materiais encontrados na natureza apresentam propriedades magnéticas naturais. Por essa razão, são denominados de **ímãs naturais**. A magnetita, por exemplo, é um exemplo de ímã natural.

Podemos também obter **ímãs artificiais**, que são compostos por barras de materiais ferrosos que o homem magnetiza por meio de processos artificiais.

Os ímãs artificiais são muito empregados, pois podem ser fabricados com diversos formatos, de forma a atender às várias necessidades, por exemplo, nos pequenos motores de corrente contínua que movimentam os carrinhos elétricos de brinquedos, tipo “autorama”.

Em geral, as propriedades magnéticas dos ímãs artificiais são mais intensas que as dos ímãs naturais.

PÓLOS MAGNÉTICOS

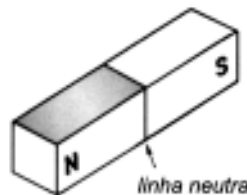
Externamente, as forças de atração magnética de um ímã se manifestam com maior intensidade em suas extremidades, denominadas **pólos magnéticos**.

Todo ímã apresenta dois pólos magnéticos com propriedades específicas. São eles: o **pólo norte** e o **pólo sul**.

Considerando que as forças magnéticas dos ímãs são mais concentradas nos pólos, a intensidade dessas propriedades decresce para o centro do ímã.

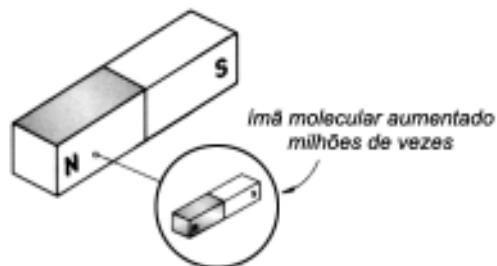
Na região central do ímã, estabelece-se uma linha onde as forças de atração magnética do pólo sul e do pólo norte são iguais e se anulam.

A linha denominada **linha neutra** corresponde à **linha divisória** entre os pólos do ímã.

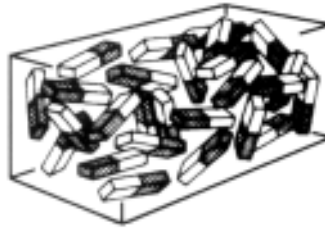


ORIGEM DO MAGNETISMO

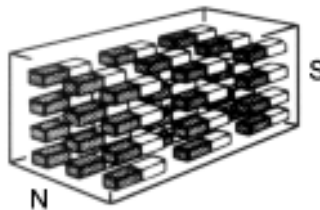
O magnetismo origina-se na organização atômica dos materiais. Cada molécula de um material é um pequeno ímã natural, denominado ímã molecular ou domínio.



Durante a formação de um material, as moléculas se orientam em sentidos diversos, os efeitos magnéticos dos ímãs moleculares se anulam, resultando em um material sem magnetismo natural.



Já, durante a formação do material, se as moléculas tiverem assumido uma orientação única ou predominante, os efeitos magnéticos de cada ímã molecular se somam, dando origem a um ímã com propriedades magnéticas naturais.

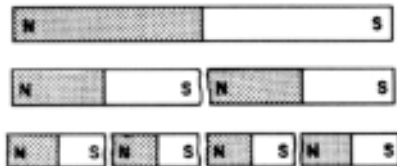


ATENÇÃO!

NA FABRICAÇÃO DE ÍMÃS ARTIFICIAIS, AS MOLÉCULAS DESORDENADAS DE UM MATERIAL SOFREM UM PROCESSO DE ORIENTAÇÃO A PARTIR DE FORÇAS EXTERNAS.

INSEPARABILIDADE DOS PÓLOS

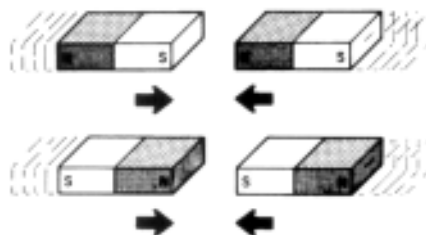
Os ímãs têm uma propriedade característica: por mais que se divida um ímã em partes menores, as partes sempre terão um pólo norte e um pólo sul.



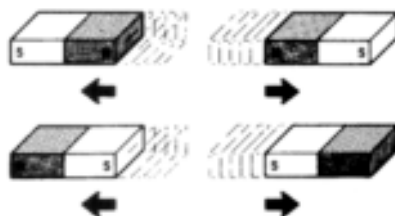
Esta propriedade é denominada de inseparabilidade dos polos.

INTERAÇÃO ENTRE ÍMÃS

Quando os pólos magnéticos de dois ímãs estão próximos, as forças magnéticas dos dois ímãs reagem entre si de forma singular: dois pólos magnéticos **diferentes** aproximados um do outro, isto é, norte de um com o sul de outro, haverá uma **atração** entre os dois ímãs.



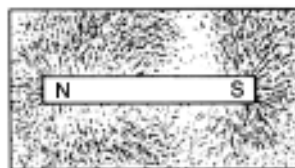
Já dois pólos magnéticos **iguais** aproximados um do outro, isto é, norte de um próximo ao norte do outro, haverá uma **repulsão** entre eles.



CAMPO MAGNÉTICO

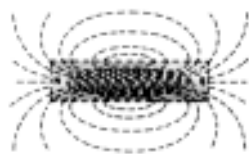
O **espaço** ao redor do ímã em que existe atuação de **forças magnéticas** é chamado de campo magnético. Os efeitos de atração ou repulsão entre dois ímãs ou de atração de um ímã sobre os materiais ferrosos se devem à existência desse campo magnético.

Para localizarmos o campo magnético, utilizamos um recurso que consiste em colocarmos um ímã sob uma lâmina de vidro e espalharmos limalhas de ferro sobre essa lâmina. Observa-se que as limalhas se orientam conforme as linhas de força magnética, que são linhas invisíveis existentes ao redor do ímã.



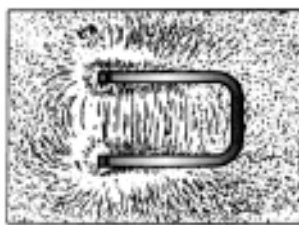
Linhas de força magnética também chamadas de **linhas de indução**

O formato característico das limalhas sobre o vidro, denominado de espectro magnético, é representado na ilustração a seguir.



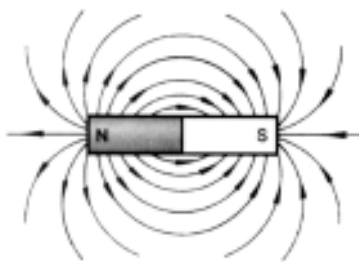
Campo magnético de um ímã em forma de barra

Observe na figura a seguir que a **maior concentração** de limalhas se encontra na região dos pólos do ímã. Isso ocorre devido à maior intensidade de magnetismo nas **regiões polares**, pois aí se concentram as linhas de força.



Campo magnético de um ímã em forma de ferradura

Para padronizar os estudos relativos ao magnetismo e às linhas de força, estabeleceu-se - por convenção - que as linhas de força de um campo magnético se dirigem do pólo norte para o pólo sul.



IMANTAÇÃO OU MAGNETIZAÇÃO

Imantação ou magnetização é o processo pelo qual os ímãs atômicos (ou dipolos magnéticos) de um material são alinhados devido à ação de um **campo magnético externo**.

De acordo com a intensidade em que os ímãs atômicos são imantados, isto é, o modo como são ordenados os seus ímãs atômicos sob a ação de um campo magnético, temos materiais diamagnéticos, paramagnéticos e ferromagnéticos. Esta classificação resulta da permeabilidade dos materiais.

DIAMAGNÉTICOS

Substâncias como ouro, prata, cobre, zinco, vidro, antimônio, chumbo, bismuto, mercúrio e a água, entre outros, são denominadas diamagnéticas porque apresentam uma permeabilidade ligeiramente menor que a do vácuo localizado em seu interior. Colocadas em um campo magnético, as substâncias diamagnéticas parecem experimentar uma diminuta força de repulsão.

PARAMAGNÉTICOS

Quando os materiais apresentam permeabilidade pouco maior que a do vácuo, tornando-se ligeiramente magnetizados, denominam-se paramagnéticos. São exemplos desses materiais: o ar, o oxigênio, a platina e o alumínio.

FERROMAGNÉTICOS

Materiais que apresentam permeabilidade centenas de centenas de milhares de vezes maiores que a de seu vácuo, são denominados ferromagnéticos. São os materiais que apresentam verdadeiras propriedades magnéticas.

Para efeito de estudo, a permeabilidade dos materiais paramagnéticos e diamagnéticos é considerada igual à do vácuo desses materiais, sendo ambos, por essa razão, denominados materiais não –magnéticos.

ÍMÃS PERMANENTES

Ímãs permanentes são aqueles que apresentam campo magnético intenso, não necessitando de corrente elétrica magnetizante para a sua atuação, o que é uma vantagem muito importante para a tecnologia elétrica ou eletrônica.

Para que um material possa ser utilizado na produção de ímãs permanentes, é indispensável que apresente as seguintes características: alta remanência; grande coercividade e facilidade para ser trabalhado.

Além dessas características, é importante que o ímã tenha a capacidade de conservar o magnetismo quando sujeito às vibrações e temperaturas relativamente elevadas.

Alguns equipamentos que utilizam ímãs permanentes são os alto-falantes, alguns tipos de telefones, entre outros.

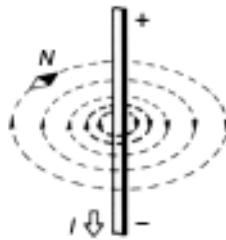
ELETROMAGNETISMO

O conhecimento do eletromagnetismo, que você inicia neste momento, é muito importante para o entendimento do funcionamento de motores, geradores e transformadores. Em outras palavras, o eletromagnetismo explica os fenômenos magnéticos originados pela circulação da corrente elétrica em um condutor.

O eletromagnetismo é o fenômeno magnético provocado pela circulação de uma corrente elétrica. O termo eletromagnetismo aplica-se a todo fenômeno magnético que tenha origem em uma corrente elétrica.

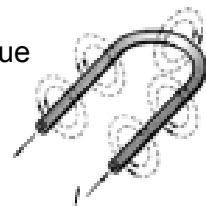
CAMPO MAGNÉTICO E CONDUTOR

A circulação de corrente elétrica em um condutor dá origem a um campo magnético ao seu redor. Quando um condutor é percorrido por uma corrente elétrica, ocorre uma orientação no movimento das partículas em seu interior.

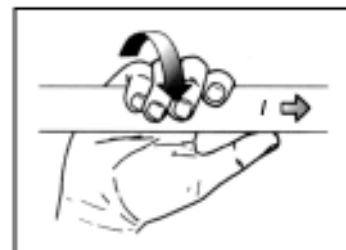


A orientação do movimento das partículas tem um efeito semelhante ao da orientação dos ímãs moleculares, surgindo, em consequência, um campo magnético ao redor do condutor.

As linhas de força do campo magnético criado pela corrente elétrica que passa por um condutor, são circunferências concêntricas num plano perpendicular ao condutor.



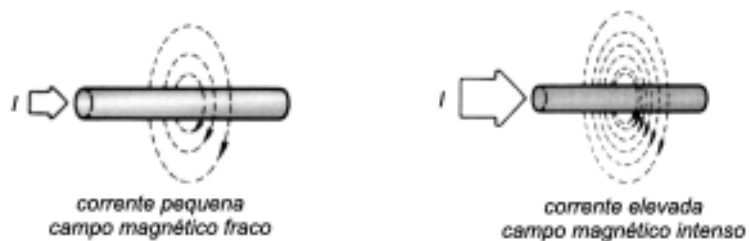
Para o sentido convencional da corrente elétrica, o sentido de deslocamento das linhas de força é dado pela **regra da mão direita**. Ou seja, envolvendo o condutor com os quatro dedos da mão direita de forma que o dedo polegar indique o sentido da corrente (convencional). O sentido das linhas de força magnética será o mesmo dos dedos que envolvem o condutor.



Pode-se também utilizar a **regra do saca-rolhas** como forma de definir o sentido das linhas de força. Por essa regra, ele é dado pelo movimento do cabo de um saca-rolhas, cuja ponta avança no condutor, no mesmo sentido da corrente elétrica (convencional).



A intensidade do campo magnético ao redor do condutor depende da intensidade da corrente que nele flui. Ou seja, a intensidade do campo magnético ao redor de um condutor é **diretamente proporcional** à corrente que circula neste condutor.



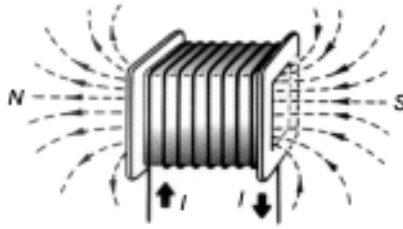
BOBINA E CAMPO MAGNÉTICO

Para obter campos magnéticos de maior intensidade a partir da corrente elétrica, basta enrolar o condutor em forma de espiras, uma ao lado da outra e igualmente espaçadas constituindo uma bobina ou solenóide.

A tabela a seguir mostra uma bobina e seus respectivos símbolos conforme a NBR (Norma Brasileira) 12521.

BOBINA, ENROLAMENTO OU INDUTOR	SÍMBOLO (FORMA PREFERIDA)	SÍMBOLO (OUTRA FORMA)

As bobinas permitem um acréscimo dos efeitos magnéticos gerados em cada uma das espiras. A figura a seguir mostra uma bobina constituída por várias espiras, ilustrando o efeito resultante da soma dos efeitos individuais.

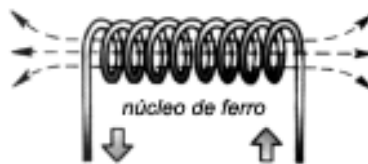


VOCÊ SABIA QUE:

Os pólos magnéticos formados pelo campo magnético de uma bobina têm características semelhantes às dos pólos de um ímã natural? E que a intensidade do campo magnético em uma bobina depende diretamente da intensidade da corrente e do número de espiras?

O núcleo é a parte central das bobinas. Pode ser de ar ou de material ferroso. O núcleo é de ar quando nenhum material é colocado no interior da bobina. É de material ferroso quando é colocado um material ferroso (ferro, aço...) no interior da bobina.

A colocação de material ferroso no interior da bobina é um recurso utilizado para se obter maior intensidade no campo magnético dessa mesma bobina. Nesse caso, o conjunto bobina-núcleo de ferro é chamado eletroímã.



ATENÇÃO!

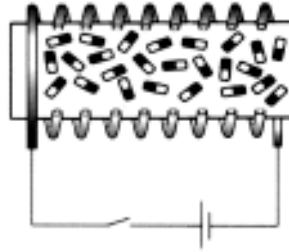
A MAIOR INTENSIDADE DO CAMPO MAGNÉTICO NOS ELETRÓIMÃS OCORRE PORQUE OS MATERIAIS FERROSOS PROVOCAM UMA CONCENTRAÇÃO DAS LINHAS DE FORÇA.

Quando uma bobina tem um núcleo de material ferroso, seu símbolo expressa essa condição (NBR 12521).

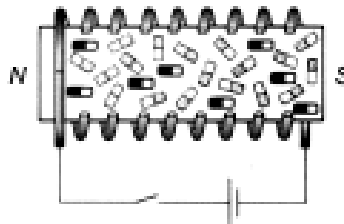
INDUTOR COM NÚCLEO MAGNÉTICO	NÚCLEO DE FERRITE COM UM ENROLAMENTO

MAGNETISMO REMANENTE

Quando um núcleo de ferro é colocado em uma bobina, em que circula uma corrente elétrica, o núcleo se torna imantado, porque as suas moléculas se orientam, conforme as linhas de força criadas pela bobina.



Cessada a passagem da corrente, alguns ímãs moleculares permanecem na posição de orientação anterior, fazendo com que o núcleo permaneça ligeiramente imantado.



Essa pequena imantação é chamada magnetismo remanente ou residual. O magnetismo residual é importante, principalmente para os geradores de energia elétrica. Este tipo de ímã chama-se ímã temporário.

RESISTORES, CAPACITORES E SEMICONDUTORES

RESISTORES

Você já deve ter ouvido falar que a maioria dos circuitos eletrônicos utilizam resistores, que são componentes fabricados com materiais de alta resistividade com a finalidade de oferecer maior resistência à passagem da corrente elétrica. Ao limitar a corrente elétrica, nos circuitos eletrônicos, os resistores reduzem ou dividem as tensões.

Resistor, portanto, é um componente formado por um corpo cilíndrico de cerâmica sobre o qual é depositada uma camada espiralada de material ou filme resistivo. Esse material determina o tipo e o valor de resistência nominal do resistor. O resistor é dotado de dois terminais colocados nas extremidades do corpo em contato com o filme resistivo.



Vamos tratar agora dos resistores, de suas características elétricas, de sua simbologia, tipos e especificações.

CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

Os resistores apresentam características elétricas que os diferenciam de outros componentes. São elas:

- resistência nominal;
- percentual de tolerância;
- dissipação nominal de potência.

• RESISTÊNCIA NOMINAL

O valor da resistência elétrica especificada pelo fabricante denomina-se resistência nominal. O valor é expresso em ohms (Ω), em valores padronizados. Temos, por exemplo, resistores de 18Ω , 120Ω , $47k\Omega$ e $1 M\Omega$.

Os valores comerciais de resistência nominal são encontrados multiplicando-se por 10^{-1} a 10^5 os números 10, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 20, 22, 24, 27, 30, 33, 36, 39, 43, 47, 51, 56, 62, 68, 75, 82 e 91.

Veja os exemplos:

- resistor de $1\Omega = (10 \times 10^{-1})\Omega$
- resistor de $15\Omega = (15 \times 10^0)\Omega$
- resistor de $220\Omega = (22 \times 10^1)\Omega$

PERCENTUAL DE TOLERÂNCIA

Em decorrência do processo de fabricação, os resistores estão sujeitos a imprecisões em seu valor nominal. A variação de valor de resistência nominal que um resistor pode apresentar em relação ao valor padronizado denomina-se percentual de tolerância. A diferença no valor pode ser para mais ou para menos em relação ao valor nominal.

Existem quatro faixas de valores percentuais de tolerância:

- para resistores de uso geral:
 - ⇒ $\pm 10\%$ de tolerância
 - ⇒ $\pm 5\%$ de tolerância.
- para resistores de precisão:
 - ⇒ $\pm 2\%$ de tolerância
 - ⇒ $\pm 1\%$ de tolerância.

VOCÊ SABIA QUE:

Os resistores de precisão somente são empregados em circuitos em que os valores de resistência são críticos?

A tabela a seguir apresenta alguns valores de resistores e seus respectivos percentuais de tolerância e os limites entre os quais se situa o valor real do componente.

RESISTÊNCIA NOMINAL (Ω)	TOLERÂNCIA (%)	VARIAÇÃO (Ω)	VALOR REAL DO COMPONENTE (Ω)
220 Ω	$\pm 5\%$	$\pm 11\Omega$	+5% = 220 Ω + 11 Ω = 232 Ω -5% = 220 Ω - 11 Ω = 209 Ω
1000 Ω	$\pm 2\%$	$\pm 20\Omega$	+2% = 1000 Ω + 20 Ω = 1020 Ω -2% = 1000 Ω - 20 Ω = 980 Ω
56 Ω	$\pm 1\%$	$\pm 0,56\Omega$	+1% = 56 Ω + 0,56 Ω = 56,56 Ω -1% = 56 Ω - 0,56 Ω = 55,44 Ω
470 Ω	$\pm 10\%$	$\pm 47k\Omega$	+10% = 470k Ω + 47k Ω = 517k Ω -10% = 470k Ω - 47k Ω = 423k Ω

Observe na tabela anterior que um resistor de 220Ω com $\pm 5\%$ (tolerância), pode apresentar valor real de resistência entre 232Ω e 209Ω .

DISSIPÇÃO NOMINAL DE POTÊNCIA

O resistor pode trabalhar com diversos valores de tensão e corrente, transformando a energia elétrica (potência elétrica) em calor.

Entretanto, o resistor pode sofrer danos ou, até mesmo, ser destruído se a potência dissipada for maior que seu valor nominal. Em condições normais de trabalho, o acréscimo de temperatura é proporcional à potência dissipada.

Dissipação nominal de potência ou **limite de dissipação** é a temperatura que o resistor atinge sem que sua resistência nominal varie mais que 1,5%, em uma temperatura ambiente de 70°C .

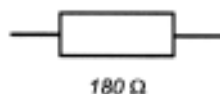
A dissipação nominal de potência é expressa em **watt** (W), que é a unidade de medida da potência. Por exemplo, o valor da resistência nominal de um resistor de uso geral com dissipação nominal de potência de $0,33\text{W}$ não será maior que 1,5%.

SIMBOLOGIA

Observe nas figuras a seguir os símbolos utilizados para representação dos resistores segundo as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).



Nos diagramas, as características dos resistores aparecem ao lado do símbolo.

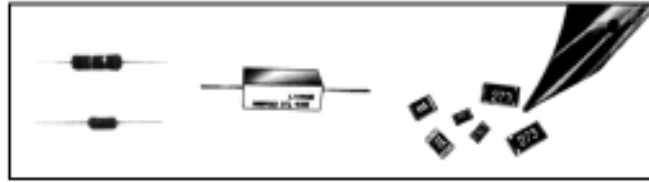


TIPOS DE RESISTORES

Segundo a sua constituição, os resistores classificam-se em:

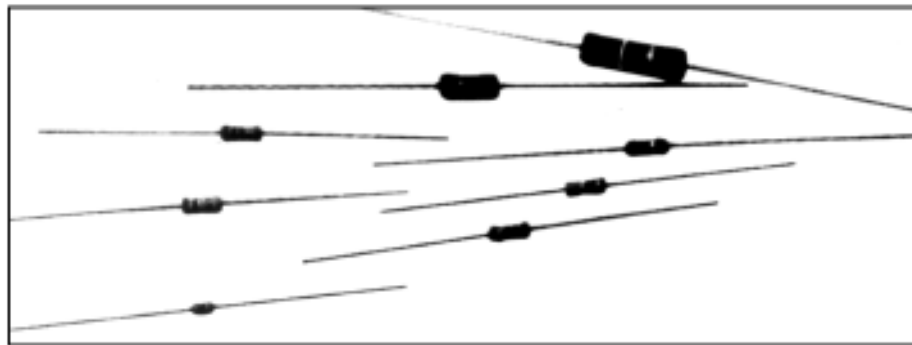
- resistor de filme de carbono;
- resistor de filme metálico;
- resistor de fio;
- resistor para montagem em superfície (SMR).

De acordo com a sua constituição, os resistores apresentam características que os tornam mais adequados à determinada aplicação.



RESISTOR DE FILME DE CARBONO

Também conhecido por **resistor de película**, apresenta formatos e tamanhos variados, como indica a ilustração a seguir.



O resistor de filme de carbono é constituído por um corpo cilíndrico de cerâmica que serve de base à fabricação do componente. Sobre o corpo do componente é depositada uma fina camada de filme de carbono, que é um material resistivo.

A camada resistiva determina a resistência nominal do resistor. Os terminais, também chamados **lides de conexão**, são colocados nas extremidades do corpo do resistor, ficando em contato com a camada de carbono.

Os terminais permitem a ligação do elemento ao circuito. O corpo do resistor recebe um revestimento que dá o acabamento e isola o filme de carbono da ação da umidade.

A figura a seguir indica a conexão entre os terminais e o filme resistivo em um resistor em corte.



RESISTOR DE FILME METÁLICO

Com o mesmo formato do resistor de filme de carbono, o resistor de filme metálico é fabricado da mesma maneira que o resistor de filme de carbono. O que os diferencia é o material resistivo depositado sobre o corpo de cerâmica.

No resistor de filme metálico, o material resistivo é uma película de níquel que resulta em resistores com valores ôhmicos mais precisos, isto é, com baixo percentual de tolerância, e mais estáveis, isto é, com baixo coeficiente de temperatura. Devido a essas características, os resistores de filme metálico devem ser empregados em situações que exigem maior precisão e estabilidade.

RESISTOR DE FIO

É constituído de um corpo de porcelana ou cerâmica. Sobre esse corpo, é enrolado um fio especial, geralmente de níquel-cromo. O comprimento e seção desse fio determinam o valor do resistor, que tem capacidade para operar com valores altos de corrente elétrica e, normalmente, se aquece quando em funcionamento.

As ilustrações a seguir apresentam alguns resistores de fio e os terminais, o fio enrolado e a camada externa de proteção do resistor.

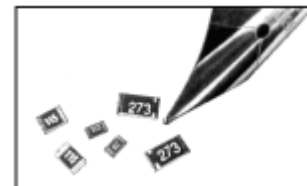


Para facilitar o resfriamento nos resistores que produzem grandes quantidades de calor, o corpo de porcelana maciça é substituído por um tubo, também de porcelana.

SMR

O resistor SMR, do inglês *Surface Mounted Resistor*, que significa resistor montado em superfície, é constituído de um minúsculo corpo de cerâmica com alto grau de pureza. Nesse corpo, é depositada uma camada vítrea metalizada formada por uma liga de cromo-silício.

O valor de resistência ôhmica do resistor SMR é obtido pela variação da composição da camada de vítrea e uso do raio laser. Devido ao seu tamanho mínimo, este resistor é indicado para ser fixado em circuitos eletrônicos por meio de máquinas de inserção automática.



O quadro a seguir resume as características desses resistores e suas aplicações.

RESISTOR	ELEMENTO RESISTIVO	APLICAÇÃO
Filme carbono	Carbono puro	Uso geral: circuitos eletrônicos, aparelhos de som e vídeo.
Filme metálico	Níquel	Precisão e uso geral: temporizadores, computadores, controladores lógicos.
Fio	Liga de níquel-cromo ou níquel-cobre	Dissipação de grandes potências em pequeno volume: carga (saída) em circuitos elétricos ou eletrônicos.
SMR	Liga de cromo-silício	Miniaturização de aparelhos eletrônicos com redução de custo de produção: filmadoras, relógios, <i>notebooks</i> , agendas eletrônicas, aparelhos de surdez.

ESPECIFICAÇÃO DE RESISTORES

Sempre que necessário descrever, solicitar ou comprar um resistor é necessário fornecer sua especificação completa, que deve estar de acordo com a seguinte ordem:

1. tipo;
2. resistência nominal;
3. percentual de tolerância;
4. dissipação nominal de potência.

Veja alguns exemplos de especificação de resistores:

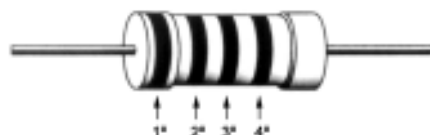
- a) resistor de filme de carbono $820\Omega \pm 5\%$ 0,33W
- b) resistor de filme metálico $150\Omega \pm 1\%$ 0,4W
- c) resistor de fio $4,7\Omega \pm 5\%$ 10W
- d) resistor para montagem em superfície $1k\Omega \pm 5\%$ 0,25W

CÓDIGO DE CORES PARA RESISTORES FIXOS

A resistência nominal, o percentual de tolerância e a dissipação nominal de potência dos resistores de fio estão impressos no próprio corpo do componente.

Nos SMRs, o percentual de tolerância e a dissipação nominal de potência são fornecidos na embalagem do componente. No corpo, está impresso apenas o valor da resistência nominal.

Nos resistores de filme, as características elétricas estão codificadas em forma de anéis coloridos e padronizados internacionalmente.



Assim, a cor de cada anel e sua posição em relação aos demais anéis fornecem o valor da resistência nominal e do percentual de tolerância. Esse tipo de codificação permite que os valores sejam compreendidos independentemente da posição do resistor no circuito.

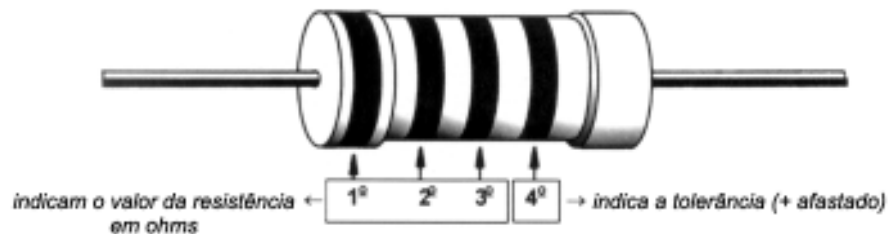
Antigamente, a dissipação nominal de potência do resistor era determinada pelo tamanho físico do resistor. Atualmente, alguns fabricantes especificam-na junto com o tipo de resistor, por meio da cor do revestimento do componente. Por essa razão, é necessário consultar o manual do fabricante.

INTERPRETAÇÃO DO CÓDIGO

Existem resistores de filme com quatro, cinco e seis anéis coloridos. Veja a seguir as características de cada um deles.

• RESISTORES COM QUATRO ANÉIS

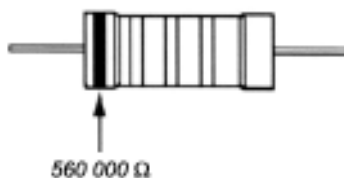
Nesse caso, o código de cores se compõe de três cores para representar o valor da resistência nominal (valor ôhmico) e uma para representar o percentual de tolerância. O primeiro anel a ser lido é aquele que se encontra mais próximo da extremidade. Seguem-se pela ordem o 2º, o 3º e o 4º anel colorido.



A cada algarismo corresponde uma cor. Veja a seguir.

- 0 - preto
- 1 - marrom
- 2 - vermelho
- 3 - laranja
- 4 - amarelo
- 5 - verde
- 6 - azul
- 7 - violeta
- 8 - cinza
- 9 - branco

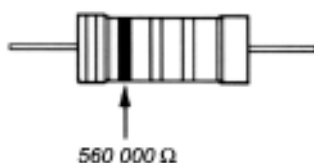
O primeiro anel colorido representa o primeiro algarismo que formará o valor do resistor.



ATENÇÃO!

A PRIMEIRA COR DO ANEL NUNCA É A PRETA.

O segundo anel colorido representa o segundo algarismo que forma o valor do resistor.



O terceiro algarismo representa a quantidade de zeros que seguem os dois primeiros algarismos. É chamado de **fator multiplicativo**.



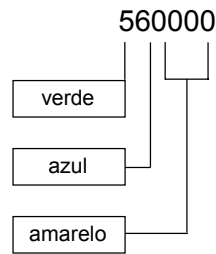
A cada quantidade de zeros corresponde uma cor:

- Nenhum zero - preto
- Um zero (0) - marrom
- Dois zeros (00) - vermelho
- Três zeros (000) - laranja
- Quatro zeros (0000) - amarelo
- Cinco zeros (00000) - verde
- Seis zeros (000000) - azul

ATENÇÃO!

AS CORES VIOLETA, CINZA E BRANCA NÃO SÃO ENCONTRADAS NO 3º ANEL PORQUE OS RESISTORES PADRONIZADOS PARA USO GERAL NÃO ALCANÇAM VALORES QUE NECESSITEM DE 7, 8 OU 9 ZEROS.

A seqüência descrita corresponde a um resistor:



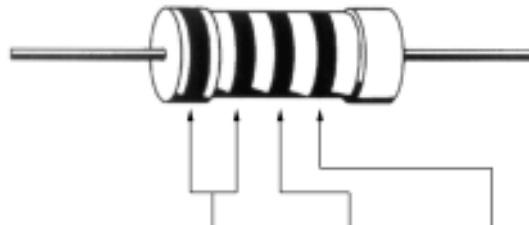
O quarto anel colorido representa a tolerância do resistor. A cada percentual corresponde uma cor característica. Desse modo temos:

- ± 10% - prateado
- ± 5% - dourado
- ± 2% - vermelho
- ± 1% - marrom

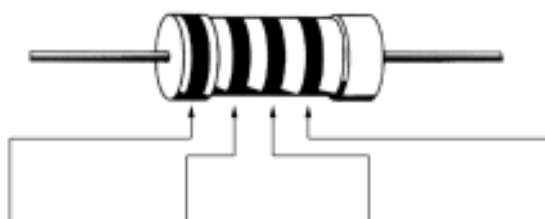
ATENÇÃO!

A AUSÊNCIA DO QUARTO ANEL INDICA A TOLERÂNCIA DE ± 20%.

Acrescentando-se uma tolerância em torno de 5% ao valor do resistor usado como exemplo, temos: $560000\Omega \pm 5\%$ - verde, azul, amarelo e dourado. A tabela a seguir apresenta o código de cores completo para resistores com quatro anéis coloridos.



COR	DÍGITOS SIGNIFICATIVOS	MULTIPLICADOR	TOLERÂNCIA
Preto	0	1 X	
Marrom	1	10 X	± 1%
Vermelho	2	100 X	± 2%
Laranja	3	1000 X	
Amarelo	4	10000 X	
Verde	5	100000 X	
Azul	6	1000000 X	
Violeta	7	-	
Cinza	8	-	
Branco	9	-	
Ouro		0,1 X	± 5%
Prata		0,01 X	± 10%
sem cor			± 20%



1ª FAIXA 1º DÍGITO		2ª FAIXA 2º DÍGITO		3ª FAIXA MULTIPLICADOR		4ª FAIXA TOLERÂNCIA	
COR	DÍGITO	COR	DÍGITO	COR	DÍGITO	COR	DÍGITO
		Preto	0	Preto	1	Prata	± 10%
Marrom	1	Marrom	1	Marrom	10	Ouro	± 5%
Vermelho	2	Vermelho	2	Vermelho	100	sem faixa	± 20%
Laranja	3	Laranja	3	Laranja	1000	Marrom	± 1%
Amarelo	4	Amarelo	4	Amarelo	10000	Vermelho	± 2%
Verde	5	Verde	5	Verde	100000		
Azul	6	Azul	6	Azul	1000000		
Violeta	7	Violeta	7	Prata	0,01		
Cinza	8	Cinza	8	Ouro	0,1		
Branco	9	Branco	9				

CAPACITORES

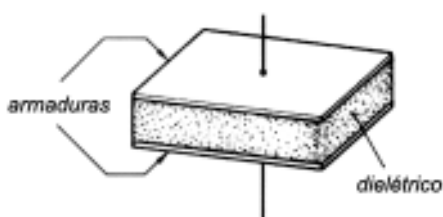
Os capacitores são componentes largamente empregados nos circuitos eletrônicos. Nos veículos, todos os módulos eletrônicos possuem capacitores em seus circuitos. A função dos capacitores é armazenar cargas elétricas.

Neste volume, vamos tratar dos capacitores: sua constituição, tipos, características. Também, vamos tratar da capacitância, que é a característica mais importante dos capacitores.

Para entender os conteúdos, aqui tratados, você já deverá ter conhecimentos sobre: condutores, isolantes e potencial elétrico.

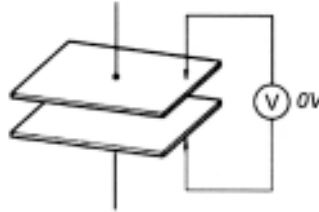
CARACTERÍSTICAS

O capacitor é um componente capaz de **armazenar cargas elétricas**. Ele se compõe basicamente de duas placas de material condutor, denominadas armaduras. Essas placas são isoladas eletricamente entre si por um material isolante chamado dielétrico.



ATENÇÃO!

-
- I. O MATERIAL CONDUTOR QUE COMPÕE AS ARMADURAS DE UM CAPACITOR É ELETRICAMENTE NEUTRO, QUANDO SE ENCONTRA EM SEU ESTADO NATURAL.
 - II. EM CADA UMA DAS ARMADURAS, O NÚMERO TOTAL DE PRÓTONS E ELÉTRONS É IGUAL, PORTANTO AS PLACAS NÃO TÊM POTENCIAL ELÉTRICO. ISSO SIGNIFICA QUE ENTRE ELAS NÃO HÁ DIFERENÇA DE POTENCIAL (TENSÃO ELÉTRICA).
-

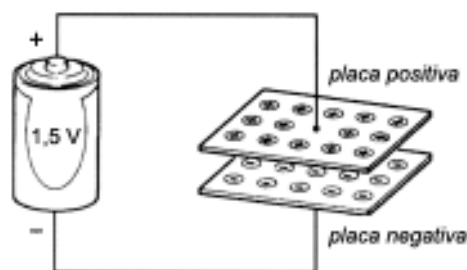
**ARMAZENAMENTO DE CARGA**

Conectando-se os terminais do capacitor a uma fonte de CC, ele fica sujeito à diferença de potencial dos pólos da fonte.

O potencial da bateria aplicado a cada uma das armaduras faz surgir entre elas uma força chamada **campo elétrico**, que nada mais é do que uma força de atração (cargas de sinal diferente) ou repulsão (cargas de mesmo sinal) entre cargas elétricas.

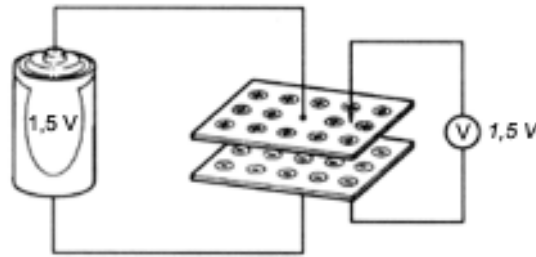
O pólo positivo da fonte absorve elétrons da armadura à qual está conectado, enquanto o pólo negativo fornece elétrons à outra armadura.

A armadura que fornece elétrons à fonte fica com íons positivos adquirindo um potencial positivo. A armadura que recebe elétrons da fonte fica com íons negativos adquirindo potencial negativo.

**ATENÇÃO!**

PARA A ANÁLISE DO MOVIMENTO DOS ELÉTRONS NO CIRCUITO, FOI UTILIZADO O SENTIDO ELETRÔNICO DA CORRENTE ELÉTRICA. ISSO SIGNIFICA QUE AO CONECTAR O CAPACITOR A UMA FONTE CC SURGE UMA DIFERENÇA DE POTENCIAL ENTRE AS ARMADURAS.

A tensão presente nas armaduras do capacitor terá um valor tão próximo ao da tensão da fonte que, para efeitos práticos, podem ser considerados iguais.

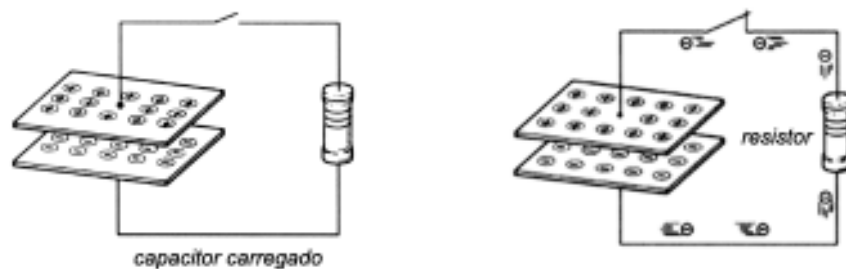


Quando o capacitor assume a mesma tensão da fonte de alimentação dizemos que o capacitor está “carregado”. Se, após ter sido carregado, o capacitor for desconectado da fonte de CC, suas armaduras permanecem com os potenciais adquiridos.

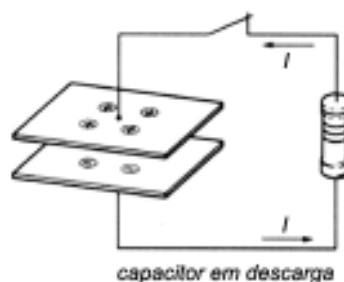
Isso significa, que, mesmo após ter sido desconectado da fonte de CC, ainda existe tensão presente entre as placas do capacitor. Assim, essa energia armazenada pode ser reaproveitada.

DESCARGA

Tomando-se um capacitor carregado e conectando seus terminais a uma carga haverá uma circulação de corrente, pois o capacitor atua como fonte de tensão.



Isso ocorre porque através do circuito fechado, tem início o estabelecimento do equilíbrio elétrico entre as armaduras. Os elétrons em excesso em uma das armaduras se movimentam para a outra onde há falta de elétrons, até que se equilibrio de potencial entre elas é restabelecido.



Durante o tempo em que o capacitor se descarrega, a tensão entre suas armaduras diminui, porque o número de íons restantes em cada armadura é cada vez menor. Ao fim de algum tempo, a tensão entre as armaduras é tão pequena que pode ser considerada zero.

CAPACITÂNCIA

A capacidade de armazenamento de cargas de um capacitor depende de alguns fatores, tais como:

- área das armaduras, ou seja, quanto maior a área das armaduras, maior a capacidade de armazenamento de um capacitor;
- espessura do dielétrico, pois, quanto mais fino o dielétrico, mais próximas estão as armaduras. O campo elétrico formado entre as armaduras é maior e a capacidade de armazenamento também;
- natureza do dielétrico, ou seja, quanto maior a capacidade de isolamento do dielétrico, maior a capacidade de armazenamento do capacitor.

Essa capacidade de um capacitor de armazenar cargas é denominada de capacitância, que é um dos fatores elétricos que identifica um capacitor.

A unidade de medida de capacitância é o **Farad**, representado pela letra **F**. Em geral, apenas seus submúltiplos são usados. Veja a tabela a seguir.

UNIDADE	SÍMBOLO	VALOR COM RELAÇÃO AO FARAD
Microfarad	μF	10^{-6} F ou 0,000001F
Manofarad	nF (ou KpF)	10^{-9} ou 0,000000001F
Picofarad	pF	10^{-12} F ou 0,000000000001F

TENSÃO DE TRABALHO

Além da capacitância, os capacitores têm ainda outra característica elétrica importante: a tensão de trabalho, ou seja, a tensão máxima que o capacitor pode suportar entre as armaduras.

A aplicação no capacitor de uma tensão superior à sua tensão máxima de trabalho provoca o rompimento do dielétrico e faz o capacitor entrar em curto. Na maioria dos capacitores, isso danifica permanentemente o componente.

SEMICONDUCTORES

A matéria, segundo o modelo de Rutherford-Bohr, é constituída por átomos. O átomo, por sua vez, é formado por um núcleo (prótons e neutrons) e uma eletrosfera (elétrons).

Os vários elementos conhecidos na natureza possuem características próprias quanto à formação da eletrosfera. A última camada da eletrosfera, chamada “valência”, define grande parte das características do elemento, determinando inclusive sua condição de isolante, condutor ou semicondutor.

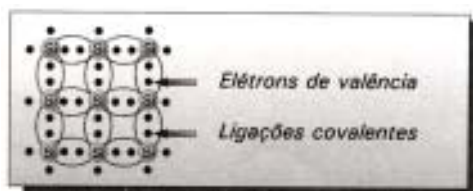
Os semicondutores são materiais caracterizados basicamente por apresentarem propriedades elétricas situadas entre os materiais condutores e os materiais isolantes.

A resistividade característica está situada entre 10^{-2} a 10^6 ohm/cm.

Os materiais semicondutores classificam-se quanto ao tipo de cristal em:

- Germânio (Ge)
- Silício (Si)

Os materiais semicondutores utilizados na fabricação de componentes (Ge e Si) possuem quatro elétrons na camada de valência. Para que a estabilidade seja alcançada (8 elétrons na última camada), há necessidade de formação da estrutura cristalina.

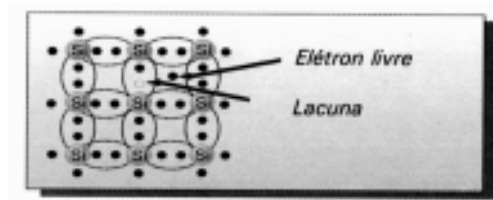


A estrutura cristalina só é absolutamente estável na temperatura de zero absoluto (-273°C), onde não existe o fenômeno da agitação térmica.

Na temperatura ambiente, devido à ocorrência do fenômeno da agitação térmica, há a liberação de elétrons de algumas ligações covalentes.

Esses elétrons livres circulam de forma desordenada na estrutura cristalina. A falha na ligação covalente, provocada pelo escape do elétron, comporta-se de forma semelhante ao elétron livre, porém, com carga elétrica contrária.

Essa pseudo partícula é chamada de lacuna ou buraco. Frequentemente, no interior da estrutura cristalina, um elétron livre ocupa uma lacuna, reconstituindo a ligação covalente. A este fato, dá-se o nome de recombinação.



DOPAGEM DE MATERIAL SEMICONDUTOR

O material semicondutor, na sua forma intrínseca, não possui materiais estranhos fazendo parte da sua estrutura cristalina. As propriedades físicas do material semicondutor puro não atendem às necessidades de fabricação da grande maioria dos componentes eletrônicos. Dessa forma, conforme a necessidade tecnológica, são introduzidas alterações na estrutura cristalina do semicondutor.

Dopagem de material semicondutor é a inserção de elementos estranhos no interior da estrutura cristalina de forma a provocar alterações nas suas características físicas. Os elementos estranhos são chamados de impurezas.

A dopagem pode ser classificada segundo o tipo de impureza.

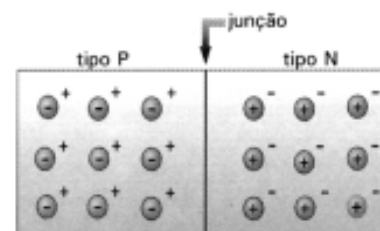
TIPO	DESCRIÇÃO	EXEMPLO
N	É caracterizada por elementos possuindo cinco elétrons na sua camada de valência	Fósforo (P) Antimônio (Sb) Arsênio (As)
P	É caracterizada por elementos possuindo três elétrons na sua camada de valência	Alumínio (Al) Índio (In) Gálio (Ga) Boro (B)

JUNÇÃO PN

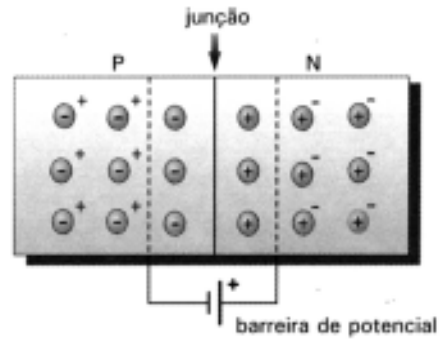
Chama-se junção PN, o contato físico entre dois cristais semicondutores dopados com impurezas, um tipo N e outro tipo P.

• ESTRUTURA

O contato entre os cristais provoca a recombinação elétron-lacuna na região da junção, dando origem a íons negativos na região P e íons positivos na região N.



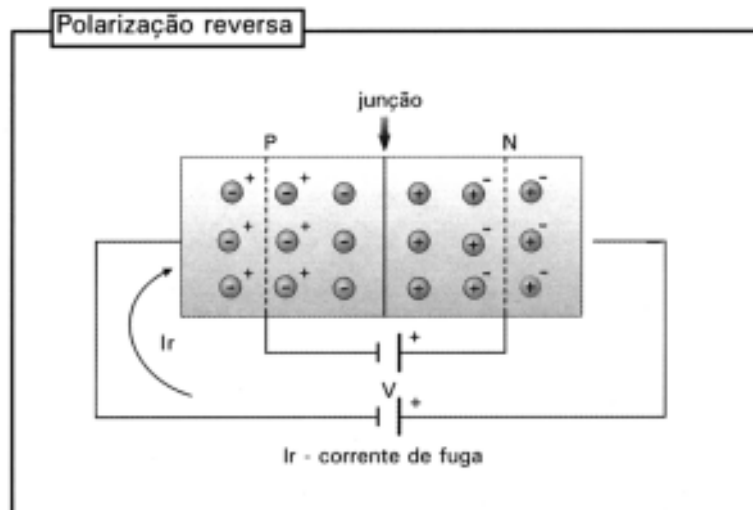
Os íons nas proximidades da junção formam a “barreira de potencial”, impedindo que ocorra novas recombinações.



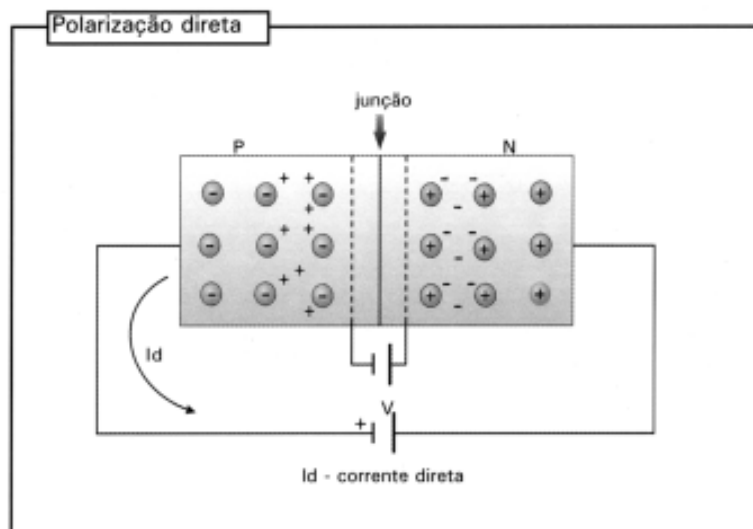
- PROCESSO

Uma junção PN pode ser polarizada de duas formas:

- polarização reversa

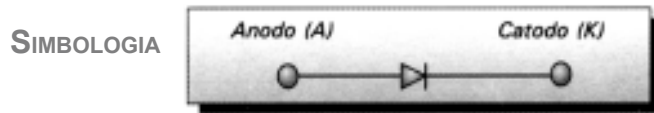


- polarização direta



DIODO SEMICONDUTOR

Diodo semicondutor é um componente eletrônico que possui a característica de conduzir corrente elétrica somente em um sentido.



O diodo semicondutor é formado por uma junção PN, onde foram conectados dois terminais de acesso.



PROCESSO DE FUNCIONAMENTO DE UM DIODO SEMICONDUTOR

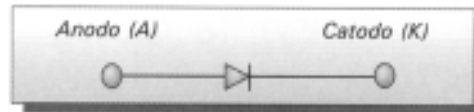
POLARIZAÇÃO	CORRENTE ELÉTRICA
	Conduz
	Não conduz

Os diodos semicondutores podem utilizar cristal de silício de germânio e são classificados quanto às características especiais.

CARACTERÍSTICAS ESPECIAIS		
Tipo	Simbologia	Aplicação
Retificador		Fontes de Alimentação
Zener		Regulador de Tensão
Led		Sinalização
Varicap		Sistemas de Comunicação
Foto Diodo		Detector de Luminosidade
Túnel		Microondas

DIODO RETIFICADOR

O diodo retificador é o componente eletrônico que conduz corrente elétrica quando polarizado diretamente e não conduz quando polarizado reversamente. É constituído para o aproveitamento da característica de retificação da junção PN.



Um diodo retificado é constituído basicamente de:

- junção PN;
- invólucro de proteção e dissipação de calor;
- dois terminais de ligação (ânodo e cátodo).

Os diodos retificadores podem ser danificados durante a operação pela destruição do material semiconductor.

As principais causas de danos são:

- ultrapassagem da corrente direta máxima;
- ultrapassagem de tensão de pico inversa máxima.

Há dois procedimentos para se verificar o estado de um diodo:

- diodo fora do circuito;
- diodo inserido no circuito.

• DIODO FORA DO CIRCUITO

Utilizando-se um multímetro na escala de medição de resistência ($R \times 1$), verificam-se as resistências:

- com polarização direta o valor encontrado deve ser da ordem de alguns ohms;
- com polarização reversa o valor encontrado deve estar acima dos 100kohms.

Utilizando-se simuladores especiais levantam-se as principais características do diodo.

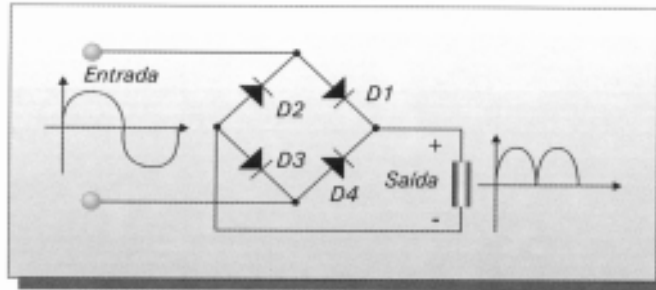
• DIODO INSERIDO NO CIRCUITO

Utilizando-se um voltímetro, compara-se a tensão entre ânodo e cátodo com a tensão esperada teoricamente e mede-se a queda de tensão sobre o diodo, verificando-se se a leitura mínima aceitável é:

- para diodos de silício 0,6 volts;
- para diodos de germânio 0,2 volts.

Utilizando-se o osciloscópio, verificam-se as formas de onda no ânodo e cátodo comparando-se com as esperadas teoricamente.

• **RETIFICAÇÃO DA ONDA COMPLETA EM PONTE**



DIODO EMISSOR DE LUZ (LED - LIGHT EMITTING DIODE)

Os diodos emissores de luz, led (*light emitting diode*), têm seu funcionamento baseado na luminescência, ou seja, na irradiação de luz devido à excitação dos átomos por uma fonte externa de energia. O diodo emissor de luz (led) é uma junção PN, especialmente dopada e alojada em uma lente que, quando submetida a uma ddp na polarização direta, emite luz.

SIMBOLOGIA



As características de dopagem do material determinam o comprimento da onda de irradiação, podendo aparecer sob a forma de luz ultravioleta, luz infravermelha ou luz visível, que poderá ser vermelha, amarela, verde e bicolor (vermelho e verde). Seu invólucro pode ser colorido ou cristalino incolor.

EXEMPLO

Led Id30p-2 com as seguintes características técnicas:

- Fabricante: Icotron
- Cor emitida: vermelho
- Tecnologia: Gaasp (Arsfaneto de Galio)
- Comprimento da onda: λ (nm) - 665 ± 15
- Encapsulamento: vermelho difuso
- Intensidade luminosa: iv (mcd) (if 20ma) - 0,63.... 1,25
- Tensão direta em volts com if = 20ma : $1,6 \leq 2.0v$
- Corrente direta máxima: 100ma

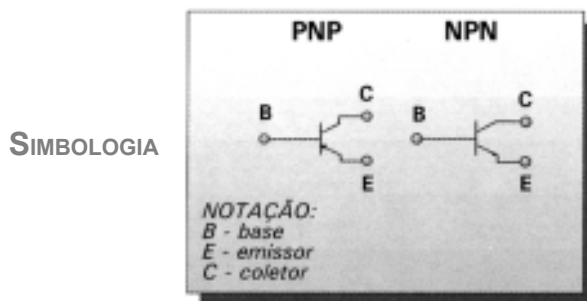
TRANSISTORES

O transistor pode ser definido como um componente semicondutor que promove a amplificação de sinais. Muitas aplicações impossíveis de serem implementadas com válvulas eletrônicas, tornaram-se viáveis técnica e economicamente com a sua utilização.

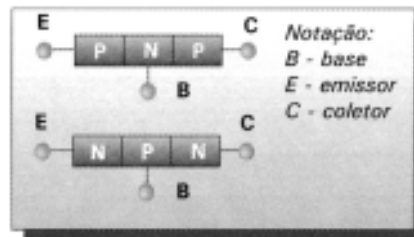
O nome transistor vem da capacidade que ele tem de transferir corrente de uma região de baixa resistência para uma região de alta resistência.

Os transistores bipolares podem ser classificados:

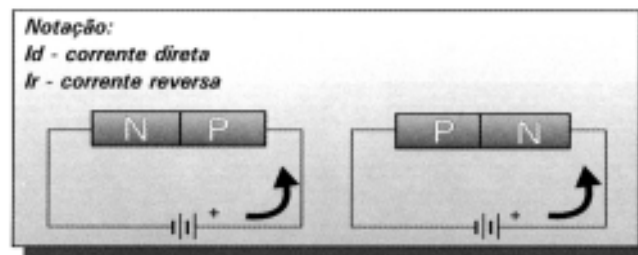
- segundo a estrutura PNP e NPN;
- segundo a técnica de fabricação - crescimento, liga difusão e epitaxial.



O transistor é constituído de uma pastilha monocristalina de material semicondutor (germânio ou silício), com regiões dopadas com impurezas tipo N e tipo P.



Existem duas junções polarizadas conforme ilustração a seguir:



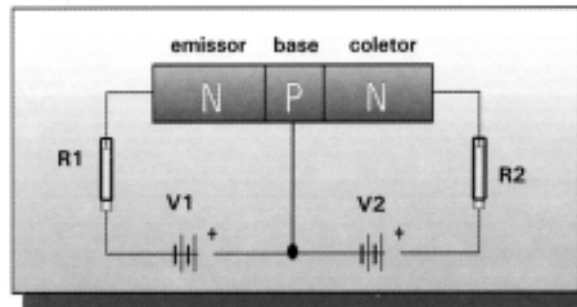
A junção da esquerda está polarizada diretamente e a da direita reversamente, unindo-se as duas junções têm-se:

Transistor NPN

Transistor PNP

Para que as características próprias do transistor possam ser obtidas, a região intermediária deve ser a mais estreita possível.

Polarizando-se o transistor NPN têm-se:



...SE...	...ENTÃO...
<p>... a junção emissor-base é polarizada diretamente...</p>	<p>... circula uma corrente I_d, limitada pela resistência R_1.</p>
<p>... a junção coletor-base é polarizada reversamente...</p>	<p>... circula uma pequena corrente I_r.</p>
<p>...forem unidos os dois passos anteriores..</p>	<p>... Ocorre o efeito transistor, circulando a corrente I_c (corrente reversa bastante aumentada) a corrente que circula pela junção coletor-base depende da intensidade da corrente I_b.</p>

A análise anterior efetuada para o **transistor NPN** é análoga para o **transistor PNP**, com polarização adequada.

SISTEMA DE CARGA E PARTIDA

BATERIA

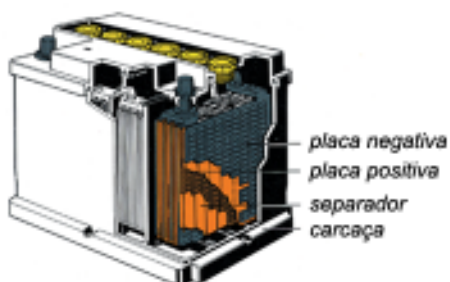
A bateria é um dispositivo de armazenamento de energia química que tem capacidade de se transformar em energia elétrica quando solicitada.

Logo, ao contrário do que comumente se acredita, as baterias não são depósitos de energia elétrica mas sim de energia química, até que um circuito seja conectado em seus pólos, dando origem a uma reação química que ocorre em seu interior, convertendo esta energia química em elétrica que é então fornecida ao circuito.

As principais funções da bateria são:

- Fornecer energia para fazer funcionar o motor de partida.
- Prover de corrente elétrica o sistema de ignição durante a partida.
- Suprir de energia as lâmpadas das lanternas de estacionamento e outros equipamentos que poderão ser usados enquanto o motor não estiver operando.
- Agir como estabilizador de tensão para o sistema de carga e outros circuitos elétricos.
- Providenciar corrente quando a demanda de energia do automóvel exceder a capacidade do sistema de carga (alternador/dínamo).

A bateria “chumbo-ácido”, comumente utilizada nos veículos, é constituída basicamente pelos componentes indicados na figura a seguir.



Na grande maioria dos veículos, a bateria é instalada o mais próximo possível do motor de partida, o qual é o seu maior consumidor de energia. Esta medida visa garantir um melhor fornecimento de energia ao motor de partida, diminuindo as perdas nos condutores.

As partes da bateria são: caixa, elemento ou célula, bornes, eletrólito.

CAIXA

A caixa é feita com um material leve, o propileno, excepcionalmente resistente e durável. A caixa facilmente resiste às vibrações que ocorrem em serviço, em diversos tipos de terrenos.

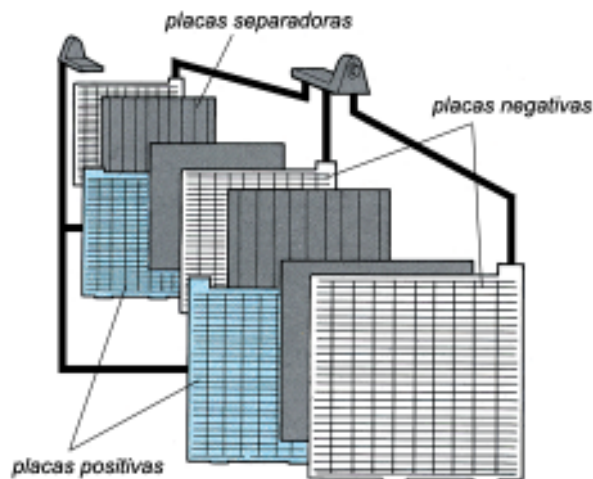
ELEMENTO OU CÉLULA

É um conjunto de placas e separadores agrupados, ligados em paralelo. Os elementos de bateria estão apoiados sobre pontes, sem tocar no fundo da caixa. Esse espaço existente é utilizado para receber a sedimentação de resíduos que se fragmentam das placas, evitando um curto-circuito entre elas. O elemento ou célula é composto de placas e separadores.

• PLACAS

As placas positivas e negativas são chapas semelhantes a uma peneira grossa, mas na verdade são grades (compostas de uma liga de chumbo antimônio), coberta de material ativo. O material ativo usado nas placas positivas é o peróxido de chumbo (PbO_2) que lhes dá uma coloração marrom escura; já nas placas negativas, o material ativo usado é o chumbo esponjoso (Pb), que lhes dá uma coloração cinza.

Atualmente, alguns fabricantes de baterias utilizam uma liga de elementos de chumbo e cálcio para fazerem suas grades.



• SEPARADORES

Para a montagem do elemento, entrelaçam-se as placas positivas e negativas introduzindo-se entre elas separadores isolantes, o que impede que ocorra curto-circuito entre as placas. Por ser microporoso, o separador possibilita a passagem de íons que são transferidos das placas para o eletrólito durante as reações internas da bateria.

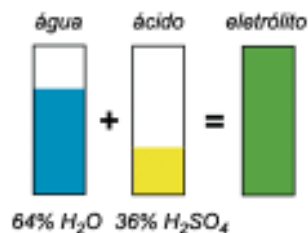
BORNES

São pontos de conexão entre a bateria e os circuitos consumidores externos. As baterias são equipadas com um borne positivo e outro negativo, ambos em chumbo. O borne positivo possui o sinal mais (+) gravado e é, de uma maneira geral, de cor mais escura e de maior diâmetro do que o borne negativo, que possui o sinal menos (-) gravado.



ELETRÓLITO

Este conjunto de placas (elementos) é imerso em solução de ácido sulfúrico e água destilada (eletrólito) que vai provocar a reação entre metais ativos das placas. Quando a bateria está totalmente carregada, a solução fica com aproximadamente 36% ácido e 64% água (por peso) e é dito que sua densidade é de 1,260g/ℓ à temperatura de 26,5°C.



O ácido sulfúrico tem peso diferente da água: é mais pesado. Por conseguinte, quando a bateria está descarregada, o eletrólito pesa pouco; quando a bateria está carregada, pesa mais.

Há outras formas de se definir densidade, entretanto, para o nosso estudo, vamos chamar de densidade o quanto pesa um determinado volume. A densidade da água é 1. Isso significa que um litro de água pesa 1 quilo. O ácido sulfúrico puro tem a densidade de 1,84, ou seja, ele pesa 1,84 vezes mais que a água.

No caso da bateria, o eletrólito tem uma densidade de 1260g/ℓ, isto é 1,26 mais pesado que a água. Quando a bateria se descarrega totalmente, surge mais água no eletrólito e ele fica mais diluído, a sua densidade cai para 1,16.

• NÍVEL DO ELETRÓLITO

Uma pequena diminuição no nível do eletrólito da bateria, temporariamente pode ser considerada normal, devido à evaporação da água. Isso ocorre no processo de carga da bateria, que liberta átomos de hidrogênio e de oxigênio que escapam pelos furos de respiros das tampas.

O nível de eletrólito da bateria deve ser verificado periodicamente e se necessário ser corrigido. Para isso, deve-se adicionar somente água destilada, até completar 1,5cm acima das placas, não confundir com a altura dos separadores. Muitas baterias trazem na tampa uma marca do nível correto do eletrólito.



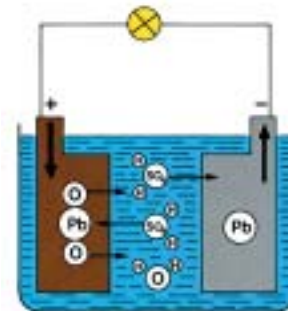
DENSIDADE DE 25°	ESTADO DE CARGA
1260 - 1280 g/l	100%
1230 - 1250 g/l	75%
1200 - 1220 g/l	50%
1170 - 1190 g/l	25%
1140 - 1160 g/l	baixa capacidade
1110 - 1130 g/l	descarregada

As leituras das densidades de cada vaso (elemento) não devem variar de 50 unidades g/l entre elas. Se isso acontecer, a bateria deverá ser substituída.

FUNCIONAMENTO BÁSICO: REAÇÃO QUÍMICA

• PROCESSO DE DESCARGA

Conectando-se aos pólos de uma bateria os terminais de um consumidor, neste será aplicada uma diferença de potencial elétrico, fazendo circular no sistema uma corrente elétrica. Neste momento a bateria está em reação de descarga. Neste processo há uma reação química entre as placas e o eletrólito da bateria, resultando daí o radical sulfato SO_4 . O radical sulfato (SO_4) passará tanto para as placas positivas quanto para as placas negativas transformando-se em sulfato de chumbo ($PbSO_4$). Quanto mais intensa e prolongada for a descarga maior será esta concentração.



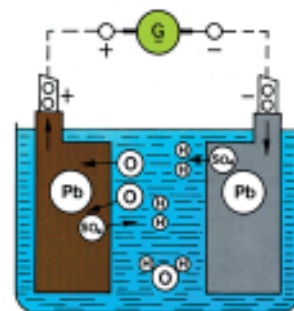
ATENÇÃO!

QUANDO UM CIRCUITO EXTERNO É CONECTADO ENTRE OS PÓLOS DA BATERIA, INICIA-SE UM FLUXO DE CORRENTE QUE DESLOCA OS ELÉTRONS DAS PLACAS NEGATIVAS PARA AS POSITIVAS, ATÉ QUE HAJA O EQUILÍBRIO ELÉTRICO. AO MESMO TEMPO, AS PLACAS "ABSORVEM" OS RADICAIS SULFATO (SO_4) E O ELETRÓLITO FICARÁ MENOS DENSO.

• PROCESSO DE CARGA

O processo de carga de uma bateria consiste em provocar a reação química oposta à ocorrida na descarga. Para tal, deve-se aplicar à bateria uma tensão maior que a sua tensão nominal. Desta maneira, faremos circular uma corrente, desta vez em sentido oposto à descarga.

Esta corrente fará com que o radical sulfato (SO_4) que estava ligado às placas de chumbo, dissocie-se e junte-se ao hidrogênio da água (H), formando novamente ácido sulfúrico (H_2SO_4) e assim voltando a densidade correta.



As placas restabelecer-se-ão, ficando a negativa com chumbo puro (Pb) e a positiva com peróxido de chumbo (PbO_2), após receber oxigênio (O_2) da água.

ATENÇÃO!

QUANDO APLICA-SE À BATERIA UMA TENSÃO MAIOR QUE A SUA TENSÃO NOMINAL, FAZ-SE CIRCULAR UMA CORRENTE EM SENTIDO CONTRÁRIO À DESCARGA, ATÉ QUE HAJA O DESEQUILÍBRIO ELÉTRICO. AS PLACAS LIBERAM OS RADICAIS SULFATO (SO_4) E O ELETRÓLITO FICA MAIS DENSO.

CAPACIDADE NOMINAL

É a condição quantitativa de armazenamento de energia que possui uma bateria. A capacidade de armazenamento depende da quantidade de material ativo, contido nas placas da bateria. A unidade de medida de capacidade é Ampères x horas (Ah). Este é o critério mais usado. Baseia-se na corrente que a bateria pode fornecer constantemente durante 20h de descarga à temperatura de 26,5°C, sem que sua tensão “caia” abaixo de 10,5 volts (especificado na caixa da bateria).

Por exemplo: uma bateria que consegue fornecer 3A continuamente, durante 20 horas, é classificada como bateria 60Ah (3A x 20 horas = 60Ah).

DURABILIDADE

A durabilidade da bateria está relacionada a vários aspectos de seu uso. Um dos aspectos preponderantes é a profundidade de descarga.

A bateria funciona em ciclos de carga e descarga e quanto maior a profundidade de descarga, menor sua durabilidade.

- **PERDA DE CARGA**

As baterias armazenadas sofrem uma perda constante de carga, mesmo que não sejam solicitadas para nenhum uso. Isto ocorre porque reações químicas secundárias indesejáveis acontecem todo o tempo dentro da bateria. Esta autodescarga como é chamada, varia em função da temperatura.

Por exemplo: uma bateria de 36Ah à temperatura de 38°C poderá estar descarregada em 4 meses, enquanto que armazenada à temperatura de 10°C pouco perderá em 1 ano.

Tanto a umidade como a sujeira sobre a bateria podem provocar uma fuga de corrente entre os terminais da bateria e o chassi do automóvel que provocam sua descarga.

O ácido que se desprende da bateria além de causar sua descarga pode também atacar as chapas do automóvel, roupas e pele humana. Portanto, é bastante importante manter os pólos e a bateria sempre limpos e secos.

TESTES NA BATERIA

Cuidados especiais devem ser observados ao se efetuar um teste em um sistema elétrico que apresenta funcionamento deficiente.

Alguns defeitos atribuídos à bateria podem ser ocasionados por outros componentes do sistema. Assim, possíveis falhas da bateria devem ser pesquisadas cuidadosamente, não só para evitar a indevida substituição de baterias em condições normais de funcionamento, como para evitar trabalhos desnecessários para a eliminação de falhas cuja origem se localiza em outras áreas e que poderia vir a inutilizar a bateria.

- **PESO ESPECÍFICO DO ELETRÓLITO (DENSIDADE)**

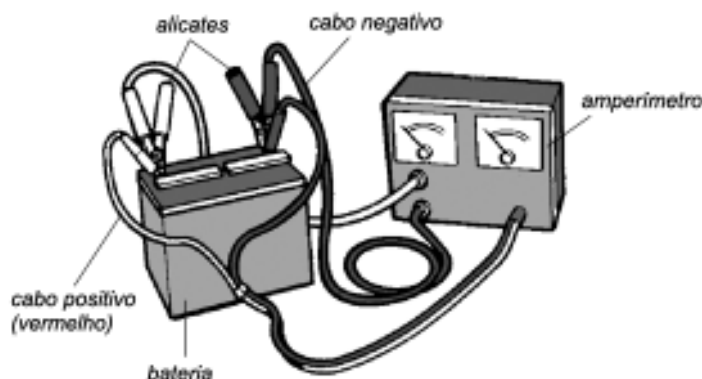
Deve-se verificar o nível do eletrólito em cada elemento; ele deve ser suficiente para que uma quantidade adequada seja fornecida ao densímetro. Para que uma indicação fiel do valor de densidade do eletrólito seja conseguida devem-se observar os seguintes cuidados:

- nunca retirar eletrólito de um elemento cujo nível tenha sido recentemente completado, sem que a bateria tenha sido carregada;
- nunca efetuar a verificação do peso específico em baterias submetidas recentemente a um regime alto de descarga (partidas prolongadas, por exemplo), nem a um regime alto de carga;
- nunca transferir eletrólito de um elemento para outro;
- quando for necessário completar o nível de algum elemento, adicionar unicamente água destilada, aplicando, a seguir, à bateria, uma carga lenta.

- verificar a densidade do eletrólito e comparar as leituras obtidas, com as da tabela da página 9;
- calcular a diferença entre os valores máximo e mínimo, obtidos: se inferior a 40 g/l, a bateria deve ser submetida a carga lenta - até que o peso específico atinja 1250 g/l.

TESTES DE CAPACIDADE (DESCARGA)

Consistem em determinar a corrente que cada bateria consegue fornecer a um sistema, mantendo uma tensão eficiente que permita manter em operações demais sistemas elétricos.



OBSERVAÇÃO

As informações referentes aos itens 5 a 8 aplicam-se às temperaturas superiores a 18°C, com uso do equipamento da SUN modelo VAT 38”.

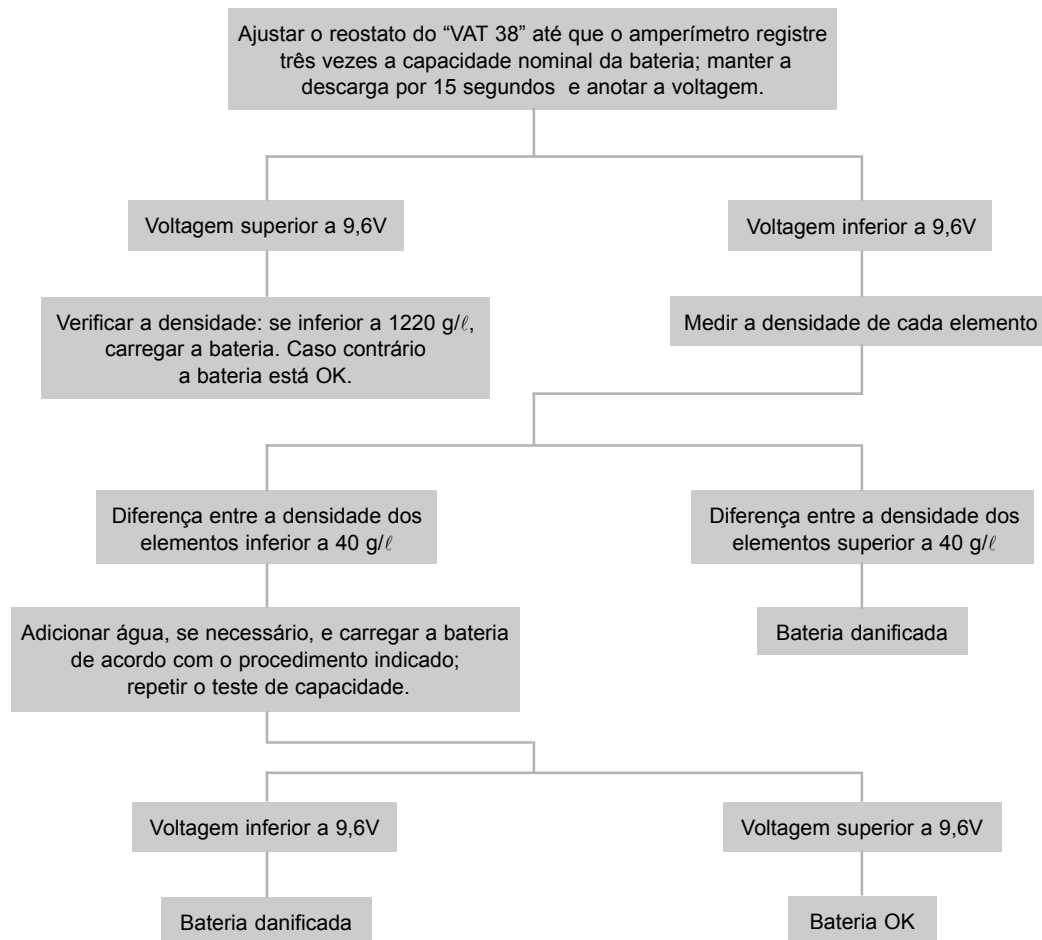
Os testes de capacidade de bateria devem ser feitos da seguinte maneira:

1. Fazer a inspeção visual da bateria.
2. Submetê-la à carga lenta até que o peso específico do eletrólito atinja 1260g/l.
3. Verificar o nível do eletrólito, completando-o, se necessário. Quando da adição de água, verificar o peso específico do elétrico, após ter sido a bateria submetida à recarga.
4. Ligar o analisador aos terminais da bateria.
5. Drenar a corrente da bateria durante 15 segundos, em três vezes a sua capacidade nominal, ou seja: para uma bateria de 40 ampères x hora, ajustar a corrente de descarga para 3 x 40 ampères = 120 ampères.
6. Durante o período de descarga, observar a tensão, que não deve ser inferior a 9,6V, após 15 segundos. Se a voltagem for superior a 9,6V a bateria está em bom estado.
7. Verificar o peso específico do eletrólito; se inferior a 1250g/l, submeter a bateria à carga lenta;
8. Se a voltagem for inferior a 9,6V, o peso específico do eletrólito for inferior a 1250 g/l, não existir entre os elementos uma variação superior 40 g/l, o eletrólito estiver limpo é, em geral, sinal de que a bateria encontra-se apenas descarregada.

Deve-se, nesse caso, aplicar uma carga rápida durante 30 minutos e fazer nova verificação na densidade. Se apenas um pequeno aumento do peso específico do eletrólito for observado ou se não houver aumento, deve-se aplicar uma carga lenta durante 24 a 36 horas e efetuar nova verificação de densidade.

Se não for obtido um peso específico do eletrólito de pelo menos 1250g/ℓ ou se houver entre os elementos uma variação de 40 g/ℓ ou mais, a bateria está danificada.

TESTE DE BATERIAS



Existem dois processos para carregar a bateria:

- Carga lenta
- Carga rápida

• CARGA LENTA

A maioria das baterias pode ser carregada totalmente de 12 a 14 horas. Uma bateria está completamente carregada quando os vasos formam gases (borbulham) e a densidade deixa de subir em 3 leituras sucessivas, tomadas a intervalos de uma hora.

Em uma bateria de 15 placas em cada vaso, 7 são positivas e 8 são negativas. o regime recomendado de carga lenta é de 1/10 da capacidade da bateria. Exemplo: bateria de 36 Ah - corrente para recarga = 3,6 ampères.

• CARGA RÁPIDA

A carga rápida não recupera totalmente uma bateria porém deve ser suficiente para que forneça energia ao veículo em um caso de emergência.

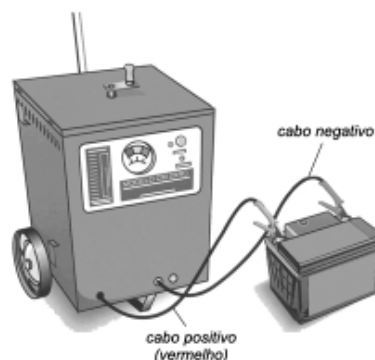
Nunca deve-se aplicar a carga rápida numa bateria com densidade acima de 1250 g/l. O regime da carga rápida é de no máximo 1/3 da capacidade nominal da bateria. Exemplo: bateria de 36 Ah - corrente para recarga = 12 ampères.

A temperatura sobe durante a carga rápida. Se for superior a 49°C é conveniente diminuir a intensidade da corrente de carga para evitar danos na bateria.

RECARGA

Antes de submeter a bateria à recarga, deve-se:

1. Verificar o nível do eletrólito, completando-o, se necessário, até aproximadamente 1,5cm acima das placas.
2. Ligar os terminais do carregador aos da bateria. As ligações dos equipamentos de teste do sistema elétrico e baterias devem ser feitas de acordo com as instruções do fabricante do aparelho.
3. Selecionar o tipo de carga no carregador. Neste instante, a voltagem sobre os terminais da bateria não poderá ultrapassar 14,5V. Valores superiores a 14,5V indicam defeito interno na bateria.



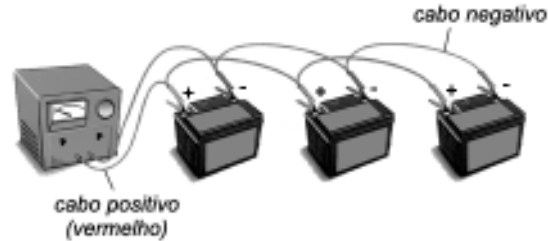
OBSERVAÇÃO

Mantenha as tampas dos elementos removidas durante o processo de carga pois há liberação de oxigênio e de hidrogênio da solução. Mesmo depois de finda a carga, a célula pode acumular hidrogênio, que fica retido no elemento. O hidrogênio, dentro de certa concentração na atmosfera, torna-se altamente explosivo. Por isso, evite realizar esse processo de carga perto de locais que possam ter fogo ou faíscas.

- **RECARGA EM PARALELO DAS BATERIAS**

Em uma recarga em paralelo, a tensão fornecida pelo carregador mantém-se ligeiramente superior à tensão de uma única bateria, não podendo ultrapassar 14,5V.

O circuito paralelo consiste na ligação de bornes com a mesma polaridade.



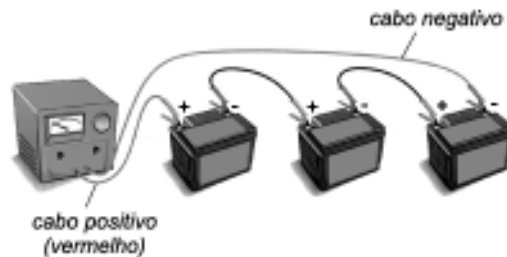
A corrente total do circuito será a soma da corrente que cada bateria estará recebendo do carregador. Caso uma bateria esteja danificada, a corrente desta irá distribuir-se entre as outras, podendo provocar um excesso de carga; por este motivo, é preferível que a recarga seja aplicada através de um circuito em série.

- **RECARGA EM SÉRIE DAS BATERIAS**

Em uma recarga em série, a corrente fornecida a todas as baterias é igual, podendo ser calibrada no carregador.

As ligações devem ser executadas de forma a unir o pólo negativo da primeira bateria, ao positivo da segunda e assim sucessivamente. A garra positiva do carregador deve ser ligada ao borne positivo da primeira bateria; a garra negativa do carregador deve ser ligada ao borne negativo da última bateria.

A tensão fornecida por este tipo de carregador deve ser ligeiramente maior que a soma das tensões das baterias sob carga. Por exemplo: para recarga de 3 baterias em série $V_s = \pm 42V$.



INSPEÇÃO PRELIMINAR

Deve-se efetuar, periodicamente, uma inspeção visual da bateria verificando:

- a fixação ao suporte: a bateria não deve estar frouxa, para evitar danos às placas, por vibração, nem excessivamente apertada;
- os cabos: quanto a corrosão e desgaste do isolamento;
- as conexões: quanto a fixação, corrosão e limpeza; as partes corroídas - bornes, terminais, cabos, etc. - devem ser limpas com uma mistura de água + bicarbonato de sódio ou água + amoníaco e uma escova de cerdas duras;
- jamais deve-se raspar a camada de chumbo dos terminais ou dos cabos;
- o nível do eletrólito: deve ser mantido 1,5cm acima das placas. Atentar para vestígios de corrosão no suporte; esta característica pode indicar que o eletrólito foi derramado e, caso não repostado prontamente, pode ter provocado a sulfatação das placas, aumentando a taxa de descarga da bateria;
- a caixa: quanto a trincas, quebras e deformações; sujeira, em excesso na tampa, pode provocar a descarga da bateria;
- as tampas dos elementos: quanto a quebra, trincas e obstrução dos tubos de respiro;
- a limpeza: a taxa de descarga pode ser superior à normal, se uma quantidade considerável de eletrólito for derramada ou se a parte superior da bateria não estiver completamente limpa. É importante que a bateria seja mantida limpa.

MANUTENÇÃO

O tempo máximo de vida útil de uma bateria somente é atingido quando forem tomados os necessários cuidados para a sua manutenção e realizadas as inspeções periódicas recomendadas. Sua capacidade de carga não deve ser excedida por sobrecarga excessiva e constante, devendo serem observados os requisitos de carga.

A água é um dos elementos essenciais de uma bateria e o único componente que se consome, em decorrência das condições de carga. O nível recomendado do eletrólito deve ser mantido corretamente, para que sua máxima vida útil seja atingida.

Para a correta manutenção de uma bateria, deve-se proceder como segue:

1. Verificar o nível do eletrólito, à temperatura normal de funcionamento, não permitindo que fique abaixo das placas, o que acarretaria uma alta concentração do ácido, danificando os separadores e debilitando as placas, além de as expor a um rápido processo de sulfatação, que comprometeria a sua durabilidade.

Para um eficiente desempenho, as placas devem ser mantidas completamente cobertas pelo eletrólito. O nível correto do eletrólito é de 1 a 1,5cm acima das placas.

2. Ao reabastecer os elementos da bateria, usar somente água destilada; não usar água de chuva ou de nascente.
3. Conservar a bateria com pelo menos 3/4 de sua carga, evitando, assim, que as placas se sulfatizem e percam a eficiência.
4. Evitar sobrecargas: carga excessiva provoca superaquecimento da bateria, expandindo as placas positivas, podendo empená-las ou, até mesmo, quebrá-las. A sobrecarga pode causar, também, distorção da cabeça e deslocamento do composto vedador.
5. A carga rápida causa um aquecimento repentino na bateria: assim sendo, não deve-se permitir que temperaturas superiores a 50°C sejam atingidas, o que poderia danificá-la.
6. Como medida de segurança, alguns equipamentos de carga incorporam um termostato que desliga a carga rápida automaticamente, quando a temperatura do eletrólito alcança 50°C. O controle termostático assegura a carga máxima, no menor tempo possível.
7. Nunca deve-se adicionar ácido sulfúrico ao eletrólito de um elemento, quando o nível estiver abaixo do normal, por derramamento. O eletrólito usado no reabastecimento deve ter o mesmo peso específico do existente.
8. Nunca retirar o eletrólito de um elemento cujo nível tenha sido recentemente completado com água, não tendo, ainda, a bateria sido recarregada.
9. Não efetuar a verificação do peso específico em baterias submetidas a um regime alto de descarga - partidas prolongadas, por exemplo.
10. Nunca transferir eletrólito de um elemento para outro.

FUGA DE CORRENTE (AUTO-DESCARGA)

Para verificar se está ocorrendo fuga de corrente de uma bateria, deve-se:

- observar se há sobre a bateria depósito de eletrólito, sujeira e substâncias estranhas pois acarretam uma descarga contínua.
- medir a voltagem entre o pólo negativo e a carcaça da bateria com um voltímetro equipado com pontas de prova tipo “BCP” ou de aço inoxidável, ajustado à escala de leitura de tensão mais baixa possível,
- manter a ponta de prova negativa em contato com o pólo negativo e mover a positiva através da superfície isolada da bateria, sem tocar nos terminais das células ou pólo positivo.

OBSERVAÇÕES

- Leituras inferiores a 0,5V
 - caixa da bateria está em boas condições, necessitando apenas de limpeza.
- Leituras superiores a 0,5V
 - limpe a superfície da bateria com uma solução de amônia ou bicarbonato de sódio, e depois com água. Seque-a, a seguir, e repita o teste.



PRECAUÇÕES

- Os gases liberados durante o período de carga são explosivos. Nunca se deve aproximar chamas ou permitir faíscas próximas ao local de recarga ou de baterias recentemente carregadas. Não se deve fumar.
- O ácido sulfúrico usado nas baterias irrita a pele, olhos, nariz e garganta, causando queimaduras. Deve-se, então, evitar respingos ou contatos com a pele, olhos e roupa. É recomendável utilizar luvas de proteção e óculos de segurança resistentes a ácidos; equipamentos comuns de proteção podem ser danificados. É recomendável, também, ter sempre à mão água e sabão, para casos de respingos acidentais. Em uma emergência, deve-se neutralizar a ação do ácido, aplicando sobre a parte atingida uma solução de bicarbonato de sódio ou solução básica (alcalina, fraca). É muito importante evitar a inalação de vapores ácidos.

Se os olhos forem atingidos, deve-se lavá-los imediatamente com água corrente, durante cerca de 15 minutos.

Em casos gerais mais graves, deve-se recorrer a cuidados médicos.

Geralmente estas regras de segurança são identificadas através de símbolos próprios, utilizados internacionalmente.



SISTEMAS DE AVARIAS

Baterias submetidas a longos períodos de inatividade, em estoque ou instaladas em veículos, requerem cuidados especiais de manutenção a fim de evitar sua deterioração.

Igualmente, a ativação e carga de baterias de estoque e o recarregamento de baterias parcialmente descarregadas devem obedecer rigorosamente às normas recomendadas pelos fabricantes a fim de evitar danos causados por processos inadequados.

Cargas insuficientes ou excessivas, aplicadas pelo sistema de carga do veículo ou por equipamentos de recarga, podem danificar a bateria.

As conseqüências mais prováveis de carga excessiva são:

- forte corrosão das placas positivas;
- decomposição da água em gases (hidrogênio e oxigênio), os quais tendem a inibir a ação do material das placas e causar o borbulhamento do ácido para fora das células;
- aumento da temperatura, a qual acelera as reações químicas normais e danifica placas, separadores, caixa e composto de vedação;
- empenamento acentuado e conseqüente perfuração dos separadores. Este tipo de dano ocorre freqüentemente, quando a bateria é submetida a carga excessiva, logo após um período de descarga;
- transbordamento da solução, causado por aplicação de carga a um valor excessivo.

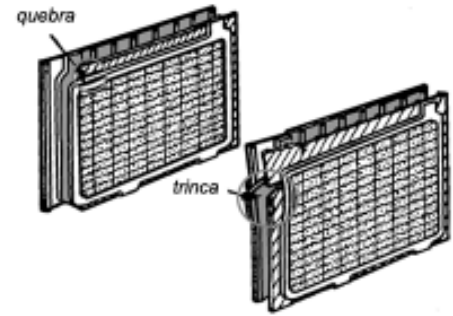
As conseqüências mais prováveis de carga insuficiente são:

- aumento da densidade do sulfato nas placas, prejudicando as reações eletroquímicas, durante a carga da bateria;
- em baterias mantidas parcialmente descarregadas por períodos prolongados, pode ocorrer a formação de partículas de sulfato de chumbo sobre os separadores, provocando curtos-circuitos temporários entre as placas negativas e positivas.

• SEPARADOR QUEBRADO OU TRINCADO

O separador trincado ou quebrado facilita a ocorrência de curto-circuito. As principais causas de quebra são:

- manuseio incorreto de pontas de prova tipo BCP, do densímetro ou de qualquer ferramenta introduzida nas células para teste;
- vibração decorrente de má fixação da bateria no suporte.



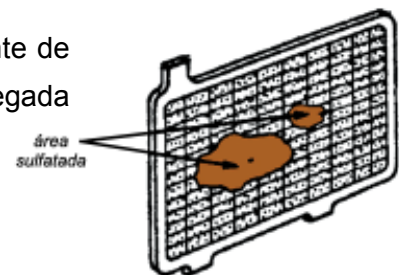
• SEPARADOR QUEIMADO OU FURADO

Placas ou separadores queimados, em decorrência de aplicação incorreta de carga imposta pelo sistema de carga, com regulador desajustado, ou recarga incorreta (carga rápida).



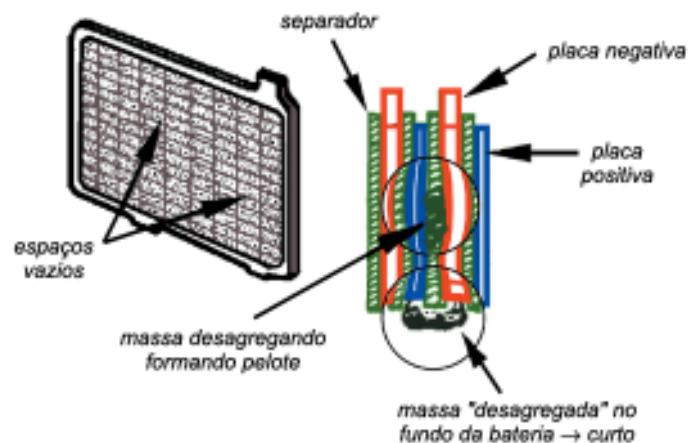
• PLACA SULFATADA

A placa sulfatada reduz a vida útil da bateria. É decorrente de um longo período de inatividade de uma bateria descarregada ou a sua utilização com nível baixo de eletrólito.



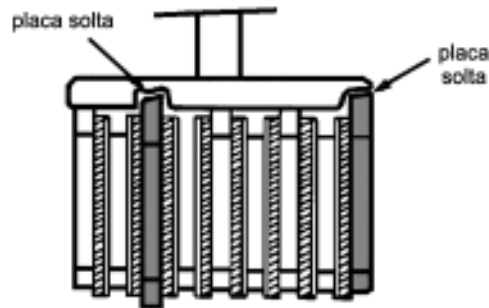
• PLACA COM FALTA DE MASSA

A placa com falta de massa diminui a vida útil da bateria. Um longo período de inatividade de uma bateria, sem pelo menos 3/4 de sua capacidade nominal, acarreta o endurecimento ou empenamento das placas. Ao ser reativada, a massa das placas solta-se, provocando uma deficiência em sua capacidade nominal de carga e risco de curto-circuito pela deposição desta massa no fundo da caixa.



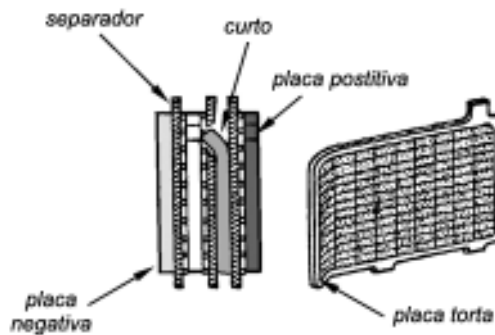
- **PLACA SOLTA**

Conseqüência de vibrações causadas pela má fixação da bateria ao seu suporte.



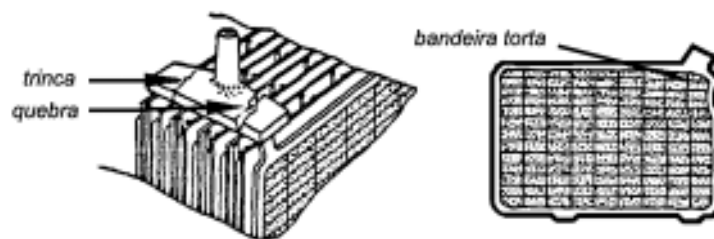
- **PLACA EMPENADA**

Placas empenadas são conseqüência de superaquecimento provocado por sobrecarga na bateria. A placa torta força o separador, danificando-o e ocasionando o curto-circuito.



- **DANOS NOS BORNES**

Bornes e ligações internas danificam-se como conseqüência de pancadas, esforço excessivo ou uso de ferramentas inadequadas quando da remoção e instalação dos terminais.



COMPONENTES DE UMA BATERIA SEM MANUTENÇÃO

- **GRADE**

O componente fundamental de uma bateria é a grade. Consiste em uma estrutura metálica que suporta o material ativo das placas e conduz corrente.

A grade é feita com uma liga dos elementos chumbo e cálcio que, através de um novo processo de fabricação, caracteriza uma nova geração que necessitam de pouca manutenção.

Podemos destacar, também, outras vantagens no uso das grades de chumbo e cálcio:

- melhor condutividade;
- menor taxa de autodescarga;
- maior resistência à degradação térmica;
- maior resistência à corrosão.

• PLACA

As grades, uma vez empastadas com o material ativo (podendo ser a pasta positiva ou negativa) passam a ser chamadas placas. O material ativo é o responsável pela principal função da bateria, ou seja, converter energia.

No processo de empastamento, é utilizado óxido de chumbo para a preparação da pasta. O óxido de chumbo é micronizado, ou seja, o tamanho da partícula de óxido de chumbo é bem menor do que o não micronizado, usado nas baterias convencionais.

A utilização do óxido de chumbo não micronizado resulta em desempenho inferior das baterias convencionais.

A reação química entre as placas e o eletrólito é um fenômeno de superfície. Sendo assim, quanto menor o tamanho da partícula de óxido de chumbo, mais reativa a partícula será. Desta forma, ao utilizarmos o óxido de chumbo micronizado, obtemos um melhor aproveitamento da área de reação das placas, com uma conseqüente maximização do desempenho elétrico da bateria.

• SEPARADOR

É utilizado para evitar que as placas se toquem. Por ser microporoso, possibilita a passagem dos íons que se transferem das placas para o eletrólito durante as reações internas da bateria.

• ENVELOPES SEPARADORES

Nas baterias são utilizados envelopes separadores, sendo envelopadas as placas negativas. O envelope separador é microporoso para que o eletrólito possa penetrar e a corrente elétrica fluir das placas de um grupo para as placas de outro grupo com polaridade oposta.

O material utilizado para a fabricação do envelope é o polietileno. Comparados com os separadores existentes de PVC ou celulose, os envelopes separadores de polietileno têm maior resistência mecânica e elevada resistência elétrica.

OBSERVAÇÃO

Resistência mecânica é a resistência às vibrações e ao manuseio durante o processo produtivo da bateria.

Nos testes de ataque pelo eletrólito, os separadores de polietileno também apresentam maior resistência à ação química do ácido.

O envelope separador evita curto-circuitos porque as três bordas das placas estão seladas. Nas baterias convencionais, são utilizados separadores comuns de PVC ou celulose, apenas intercalados, que protegem somente a face da placa, o que possibilita a migração do material ativo desagregado.

Os curtos-circuitos ocorrem em serviço, quando o material ativo migra em forma de pequenas partículas e põe em contato placas de polaridade oposta em sua parte inferior ou lateral. Um acúmulo de material ativo no fundo da caixa dá origem a um curto-circuito, implicando necessidade de substituição da bateria.

- **CONECTOR DE PLACAS**

Tem como função unir as placas de um mesmo tipo formando grupos positivos e negativos. A combinação de um grupo positivo com um negativo dá origem a um elemento.

- **ELEMENTO**

É um grupo de placas positivas e negativas intercaladas. Entre as placas existe necessidade de um separador, pois se as placas se tocarem ocorre um curto-circuito. O elemento está pronto para ser colocado dentro da caixa da bateria. Os elementos são, freqüentemente, chamados células.

- **ELETRÓLITO**

O eletrólito consiste de ácido sulfúrico e água. Cada célula é cheia com eletrólito de maneira que as placas fiquem totalmente cobertas pela solução.

- **CAIXA**

A caixa é feita com um material leve, o polipropileno, excepcionalmente resistente e durável. Facilmente resiste às vibrações que ocorrem em serviço em diversos tipos de terrenos. É dividida em seis células separadas, sendo colocado um elemento em cada célula. Com seis células conectadas em série, a tensão nominal através dos terminais é de 12 volts. Porém, para a geração de tensão e corrente, os elementos devem estar completamente imersos, no eletrólito.

- **TAMPA**

A tampa é feita do mesmo material da caixa. É injetada em uma só peça e selada a quente na caixa. A selagem deve ser resistente e não pode permitir vazamentos.

- **SEPARADOR LÍQUIDO-GÁS NA TAMPA**

Quando a bateria começa a ser utilizada ou existe uma mudança climática, há uma liberação de gases. Por esse motivo, as tampas das baterias são providas de um separador líquido-gás que não pode ser visto após a selagem da bateria e tem, como função, estabilizar a pressão interna da bateria com a pressão atmosférica, liberar os gases provenientes da eletrólise interna da bateria e reter as partículas fazendo com que voltem para as células.

Deste modo, nenhuma quantidade de água é expelida junto com os gases e a perda de água é praticamente eliminada. As baterias convencionais não têm este dispositivo separador líquido-gás, ocorrendo a perda de água o que contribui para a necessidade de adição de água.

- **HIDRÔMETRO INDICADOR DO ESTADO DE CARGA**

A tampa também incorpora em sua estrutura um hidrômetro que tem a função de indicar se a bateria está em condições de ser testada e utilizada, se há necessidade de uma recarga ou, ainda, se deve ser substituída.

Indicador de teste			
Estado de carga	Acima de 65%	Abaixo de 65%	Nível baixo de eletrólito
Ação	Teste de descarga rápida	Carregar antes de testar	Substitua a bateria e verifique o sistema elétrico do veículo

ATENÇÃO!

INDICADOR DE TESTE ESCURO NÃO SIGNIFICA BATERIA DEFEITUOSA, E SIM BATERIA DESCARREGADA.
INDICADOR DE TESTE CLARO INDICA DEFEITO NO SISTEMA ELÉTRICO DO VEÍCULO.

Quando o hidrômetro é visualmente observado, a coloração indicada presta as seguintes informações:

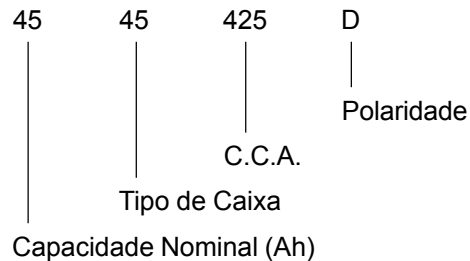
- verde: a bateria está em condições de ser testada e/ou de ser utilizada.
- preta: a bateria deve ser recarregada.
- branca: verificar o sistema de carga e se necessário, substituir a bateria.

• DISPOSITIVO ANTICHAMA

A tampa também é provida de respiros que permitem a saída dos gases produzidos durante o uso da bateria. Um dispositivo antichama não removível poroso é colocado nos respiros, evitando uma explosão interna ou incêndio da bateria. Este item de segurança não equipa baterias convencionais.

IDENTIFICAÇÃO DAS BATERIAS

As baterias são identificadas, tanto em suas etiquetas como no catálogo da seguinte forma:



• CAPACIDADE NOMINAL (C20)

É a capacidade de descarga, em ampères-horas (Ah), que uma bateria totalmente carregada manterá a 27°C e durante 20 horas, sem que a voltagem entre os pólos caia abaixo de 10,5 volts. O valor da capacidade é dado pelo produto do valor da corrente de descarga aplicada (1/20 de C20), pelo tempo em horas, até a bateria atingir a voltagem de 10,5 volts.

EXEMPLO

Resultado de teste realizado

Bateria de 45 Ah

Corrente de descarga aplicada (1/20 de C20) = 2,25A

Tempo de descarga obtido: 21 horas

Portanto: Capacidade real = 2,25A X 21 h = 47,25Ah

Valores de C20 estão listados na tabela “Características técnicas de baterias”.

- **TIPO DE CAIXA**

As caixas são codificadas pelas letras A, B, C, D, E e H. Suas dimensões e a forma de fixação estão listadas na tabela “Características Técnicas de Baterias”, nas colunas encimadas por “Dimensões Externas” e “Fixação”. Neste caso, a letra C significa caixa de 242mm de comprimento, por 175mm de largura por 175mm de altura e fixação 2.

- **C.C.A. (COLD CRANKING AMPÈRES = CORRENTE DE PARTIDA A FRIO)**

A principal função da bateria é fornecer energia elétrica ao motor de arranque quando o motor do veículo é acionado. Para tanto, é necessária uma grande descarga em ampères durante a partida. Esta função pode ser comprovada através do “Teste de descarga a frio”, que mede a descarga em ampères que uma bateria totalmente carregada manterá durante um tempo determinado, de acordo com as características da bateria, as condições climáticas e as informações de uso do equipamento usado no teste.

- **POLARIDADE**

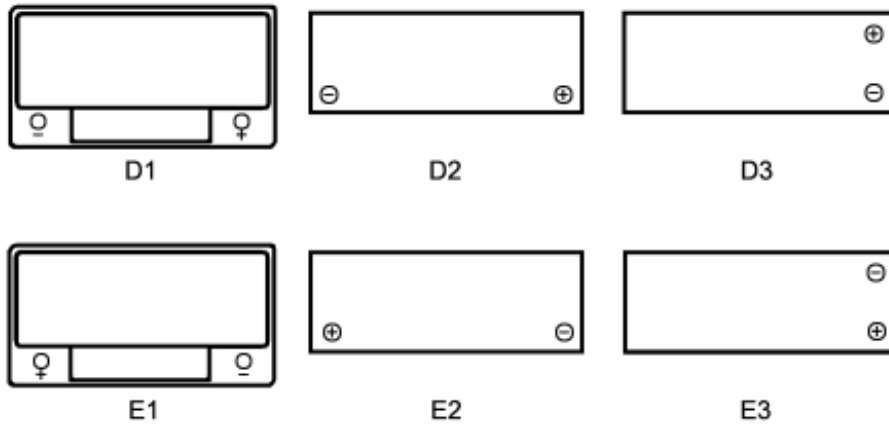
É a localização direita (D) ou esquerda (E) do pólo positivo. A identificação “DF” (Direito Ford) indica pólos somente para os veículos da Ford. Veja detalhe na tabela de “Características técnicas de bateria”.

- **RESERVA DE CAPACIDADE (RC)**

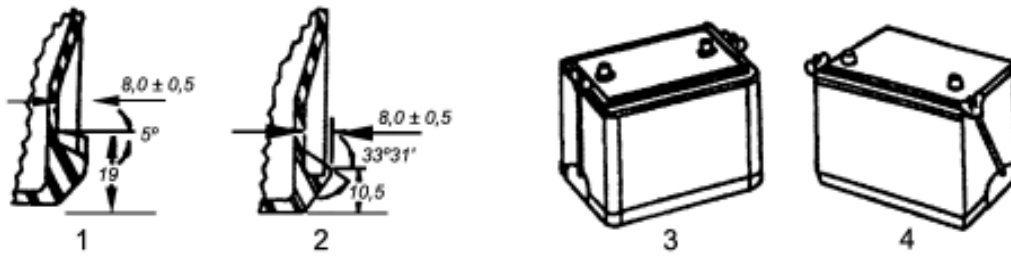
Este parâmetro não se encontra na identificação da bateria, mas será listado na tabela “Características técnicas de baterias”, na coluna encimada por “RC”. Reserva de capacidade é o tempo em minutos que uma bateria totalmente carregada fornecerá energia para ignição, iluminação e acessórios, se o sistema de carga falhar.

A corrente de descarga para este teste é de 25 ampères a 27°C, até a voltagem entre os pólos atingir 10,5 volts.

MONTAGEM



FIXAÇÃO



PÓLOS



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE BATERIAS									
MODELO	ABNT	C20 (Ah)	RC (min)	C.C.A. (A)	CORR. DE TESTE (A)	DIM. EXT. (mm)	MONT.	FIX.	PÓLOS
040A325D	040D1KR	40	60	325	160	210 175 175	D1	1	I
040A325E	040D1K	40	60	325	160	210 175 175	E1	1	I
045A375E	045D1K	45	65	375	180	210 175 175	E1	1	I
045B375DF	045D1JR	45	65	375	180	210 175 175	D1	2	II
045C425D	045D2JR	45	75	425	210	242 175 175	D1	2	I
045C450DF	045D2JR	45	80	450	220	242 175 175	D1	2	II
045C425E	045D2J	45	75	425	210	242 175 175	E1	2	I
055C425D	055D2JR	55	90	425	210	242 175 175	D1	2	I
055C425E	055D2J	55	90	425	210	242 175 175	E1	2	I
060C450D	060D2JR	60	90	450	220	242 175 175	D1	2	I
045D425D	045D2KR	45	75	425	210	242 175 175	D1	1	I
054D425E	054D2K	54	90	425	210	242 175 175	E1	1	I
060D450E	060D2K	60	90	450	220	242 175 175	E1	1	I
054E450D	054D3JR	54	90	450	220	283 175 175	D1	1	I
063E500D	063D3JR	63	105	500	250	283 175 175	D1	1	I
063E500E	063D3J	63	105	500	250	283 175 175	E1	1	I
063E620E	06303J	63	115	620	310	283 175 175	E1	1	I
100H600E	100H1	100	160	600	300	330 172 239	E2	3/4	I
100H750E	100H1	100	165	750	370	330 172 239	E2	3/4	I
100H900E	100H1	100	165	900	450	330 172 239	E2	3/4	I
21MB	142S2	142	255	–	–	510 222 238	D3	3/4	I
27CC	190N1	190	390	–	–	528 282 248	D3	3/4	I

PROCEDIMENTO PARA TESTE

• INSPEÇÃO VISUAL

Para fazer uma inspeção visual na bateria, deve-se:

- Inspeccionar externamente a bateria e verificar a ocorrência de danos ou rachaduras.
- Inspeccionar os pólos, verificando se estão quebrados ou danificados.
- Observar a coloração apresentada pelo hidrômetro e seguir a recomendação indicada para cada caso.

HIDRÔMETRO	ESTADO DE CARGA	AÇÃO REQUERIDA
Preto	Acima de 50%	Teste de descarga rápida
Verde	Abaixo de 50%	Recarregar
Amarelo claro	Nível baixo de eletrólito	Substituir a bateria (se não houver “partida”)

• TESTE DE DESCARGA RÁPIDA

- Não remover a carga superficial de baterias estocadas.
- Remover a carga superficial somente de baterias em serviço ou recém-recarregadas.
- Para remover a carga superficial, aplicar uma corrente de descarga de 3 vezes a capacidade nominal durante 15 segundos utilizando um aparelho de teste. Utilizar este procedimento em uma bateria de cada vez.

EXEMPLO

Numa bateria modelo 63E500D, a corrente de descarga deve ser 3 vezes a capacidade nominal da bateria durante 15 segundos: $63 \times 3 = 189A$ durante 15 s.

OBSERVAÇÕES

- Leia a voltagem da bateria.
- Determine aproximadamente a temperatura da bateria e utilize a tabela a seguir.
- Se a voltagem obtida é menor do que a mencionada na tabela, reponha ou troque a bateria. Se igual ou maior, a bateria está em condições normais de funcionamento.

VOLTAGEM (V)	TEMPERATURA (°C)	VOLTAGEM (V)	TEMPERATURA (°C)
9,6	acima de 21°	9,1	-1°
9,4	10°	8,8	-10°

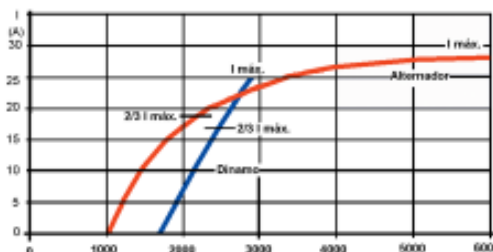
ALTERNADORES

O alternador é acionado pelo motor por meio de correias e polias. Sua finalidade é alimentar de energia elétrica todos os consumidores e carregar a bateria. Para isso, o alternador transforma energia mecânica do motor do veículo em energia elétrica.

Os veículos mais antigos utilizavam para transformar energia mecânica em elétrica o dínamo, porém esse dispositivo não possui eficiência em marcha lenta, o que não ocorre no alternador que gera em rotações mais baixas (marcha lenta).

A figura a seguir mostra a comparação entre as linhas características da corrente fornecida por um dínamo e por um alternador de potência máxima aproximadamente igual. Verifica-se que o alternador já começa a fornecer energia elétrica com uma rotação essencialmente mais baixa. Em outras palavras, a bateria já recebe carga estando o motor em baixa rotação. As curvas mostram que o alternador acionado com rotações variáveis não pode fornecer uma potência uniforme.

A figura ao lado mostra a intensidade de corrente em função da rotação, em um dínamo e um alternador de aproximadamente a mesma potência máxima.



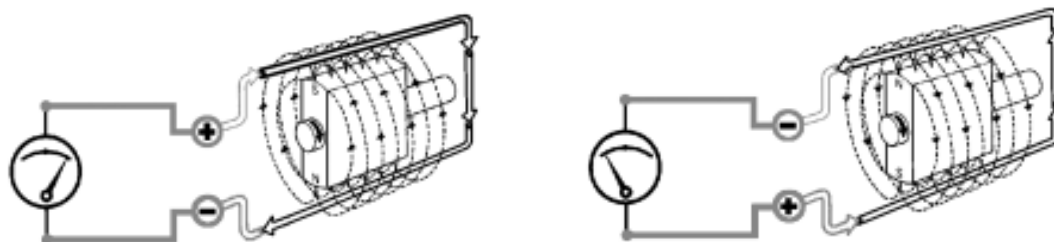
As seguintes vantagens provam a superioridade do alternador em relação ao dínamo:

- fornecimento de potência já no regime de marcha lenta do motor, tornando possível a antecipação do início da carga da bateria;
- elevada rotação máxima;
- manutenção mínima;
- pouco desgaste, por isso longa duração;
- grande segurança de funcionamento;
- pouco peso em relação à potência;
- não há necessidade de disjuntor no regulador de tensão;
- parte elétrica independente do sentido de rotação (exceção apenas em caso de emprego de determinados tipos de ventilador);
- possibilidade de emprego de bateria menor, graças à carga rápida da bateria.

PRINCÍPIO ELETRODINÂMICO

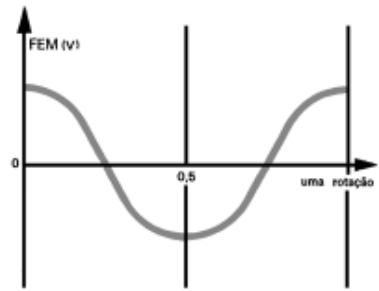
O princípio eletrodinâmico baseia-se no seguinte: Em um condutor elétrico que “corta” as linhas de força de um campo magnético, é induzida uma tensão elétrica (força eletromotriz - FEM), sendo indiferente que o campo magnético fique estacionário e o condutor elétrico em movimento ou, vice-versa, o condutor estacionário e o campo magnético móvel. No alternador, o condutor elétrico (representado pelo enrolamento do estator) é estacionário e o campo magnético efetua um movimento de rotação. Daí o nome de “rotor”. Como os pólos do campo magnético modificam constantemente a sua posição em virtude da rotação, forma-se no condutor uma tensão com valores e direção que se alternam ou seja uma tensão alternada.

A figura a seguir mostra a produção de corrente alternada em condutor estacionário com campo magnético em rotação. A mudança de sentido da corrente elétrica resulta em deslocação do ponteiro para o lado oposto.



A tensão entre os valores máximos, em caso de rotação uniforme do rotor, desenvolve-se segundo uma curva senoidal.

A força eletromotriz induzida é tanto maior quanto mais forte for o campo magnético (quanto mais concentradas forem as linhas de força) e quanto mais alta for a velocidade, com a qual as linhas de força forem cortadas. Os alternadores possuem eletroímãs para a produção do campo magnético. O campo eletromagnético atua somente enquanto houver passagem de corrente através da bobina de campo (enrolamento de excitação).

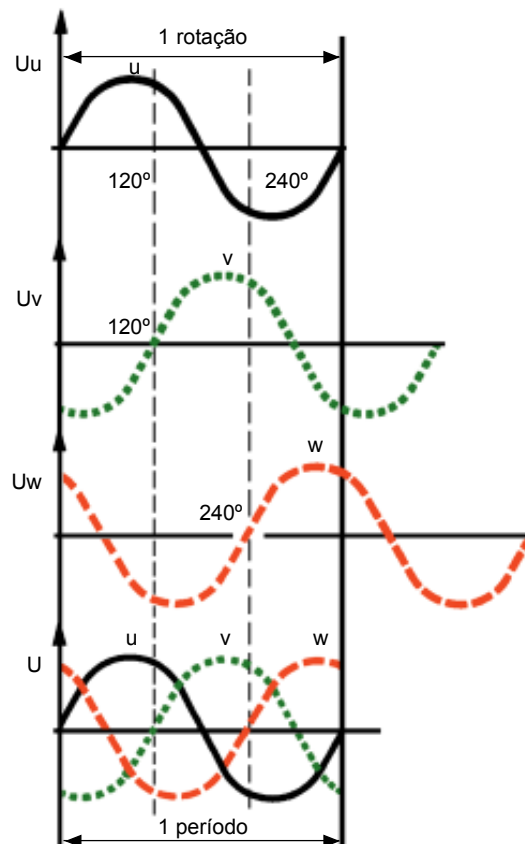


A fim de multiplicar o efeito de indução, não se expõe ao campo magnético apenas um condutor, mas um grande número deles, os quais constituem o enrolamento do estator.

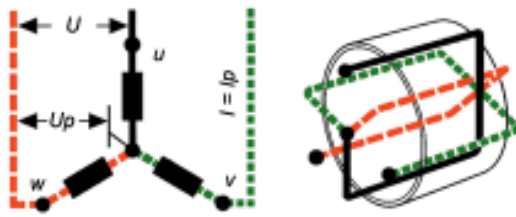
CORRENTE TRIFÁSICA

No alternador, o enrolamento do estator se compõe de três bobinas. Em cada uma delas, forma-se uma tensão alternada que recebe o nome de “fase” (fases U, V, W). As bobinas acham-se dispostas de maneira tal que cada fase se acha a 120° da outra. Essa corrente alternada de três fases chama-se “corrente trifásica”. A corrente trifásica resulta num aproveitamento melhor do gerador do que a corrente alternada de única fase.

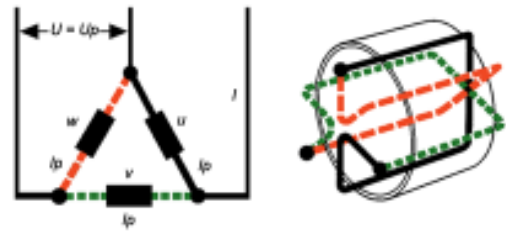
CORRENTE ALTERNADA DE TRÊS FASES = CORRENTE TRIFÁSICA



As três fases acham-se encadeadas entre si por meio de conexão estrela ou triângulo. As figuras a seguir mostram o símbolo de ligação dos dois tipos de conexão e esquematicamente a disposição no estator.



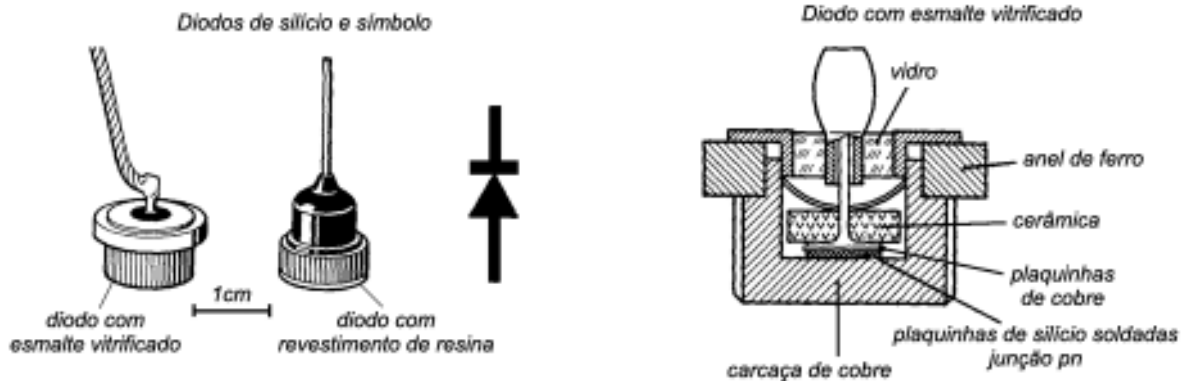
Conexão em estrela do enrolamento do estator para corrente trifásica



Conexão em triângulo do enrolamento do estator para corrente trifásica

• RETIFICAÇÃO DA CORRENTE MEDIANTE DIODOS SEMICONDUTORES

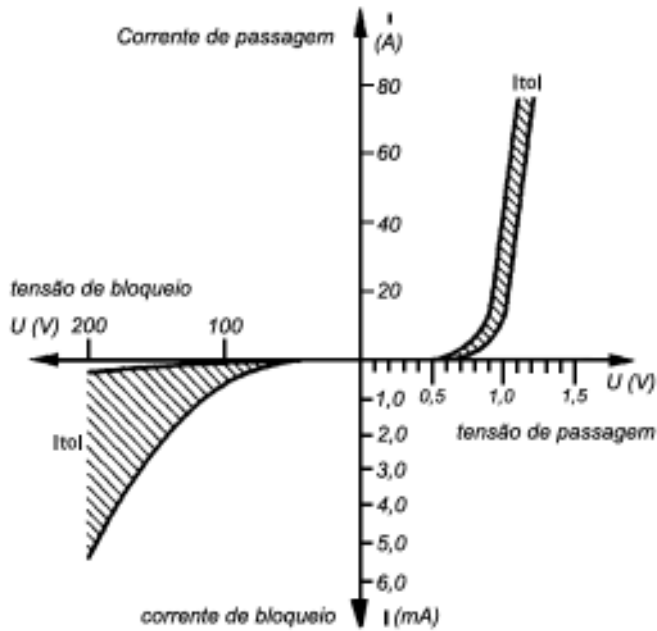
A corrente alternada de três fases, produzida no enrolamento do estator, tem que ser retificada, para que a bateria possa ser carregada. Esse processo ocorre com o auxílio de diodos semicondutores (no presente caso, diodos de silício). As figuras a seguir ilustram um diodo de silício, o qual só permite a passagem em um único sentido (a corrente passa em direção contrária à flecha) bloqueando a passagem de corrente no sentido oposto. Atua, pois, como retificador de corrente. Nos bornes de saída do alternador pode-se, pois, obter corrente contínua.



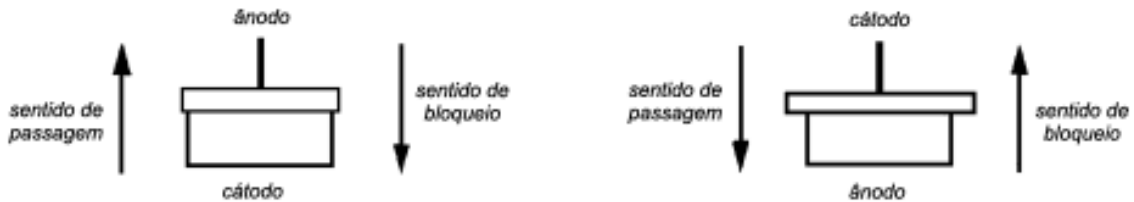
O âmbito de atuação dos diodos semicondutores permanece, no entanto, dentro de certos limites. Para que um diodo se torne condutor, nele deve-se aplicar uma tensão de aproximadamente 0,6 volts, no sentido da passagem. A tensão de bloqueio não poderá ultrapassar 100 volts.

O âmbito de tensão é, pois, perfeitamente apropriado para os equipamentos elétricos de baixa voltagem, usados nos veículos.

Linhas características de diodos de silício (1 tol = faixa de tolerância)

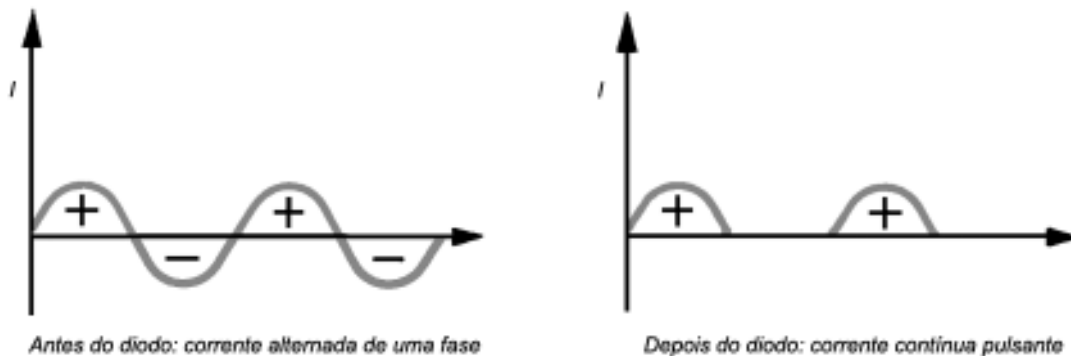


No sistema elétrico do veículo, empregam-se diodos positivos e negativos que se diferenciam pelo fato de o material do diodo estar instalado em sentidos opostos. Isso é necessário, pois os diodos possuem apenas uma conexão e a sua carcaça se acha fixada em uma chapa de base, conectada ao pólo positivo ou ao pólo negativo da bateria.

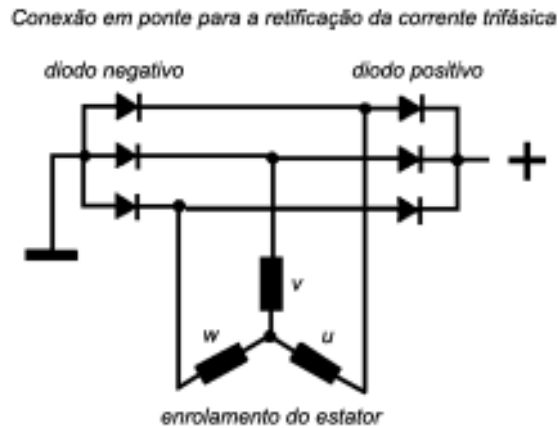


O modo de atuação de um diodo na retificação de corrente alternada acha-se representado na figura a seguir. Os semiciclos negativos são retidos pelos diodos de modo que resulta numa corrente contínua pulsante.

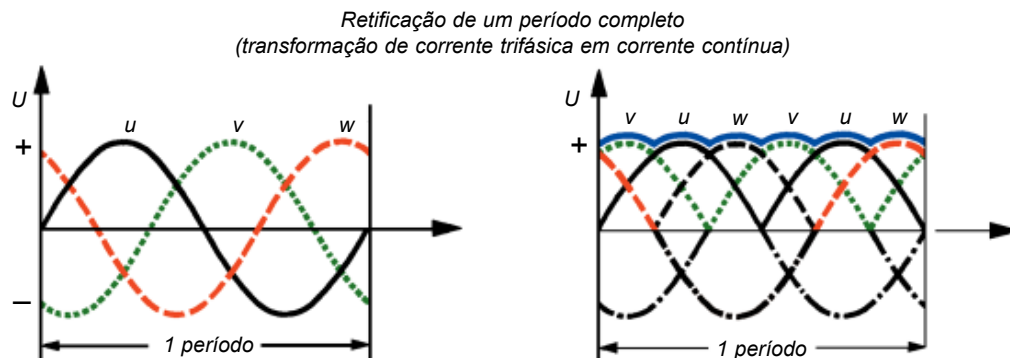
Retificação de corrente alternada de uma fase



A fim de aproveitar ambos os semiciclos de cada período (retificação de onda completa), existem para cada fase um diodo no lado positivo e um diodo no lado negativo, perfazendo um total de 6 diodos, que conduzem a corrente fornecida pelo alternador. Dá-se a isso o nome de conexão em ponte para a retificação da corrente trifásica.



Na figura a seguir, acha-se representado o resultado da retificação de um período completo.



A corrente trifásica é transformada em uma corrente contínua levemente ondulada.

O grau de ondulação depende da quantidade de semiciclos retificados por unidade de tempo. O número de semiciclos, por sua vez, depende da freqüência de troca de polaridade do campo magnético. A figura a seguir foi baseada em uma troca de polaridade por rotação e por fase. Nos alternadores, as inversões de polaridade ocorrem com freqüência bem maior. Com isso, consegue-se uma retificação mais perfeita da corrente contínua resultante.

Para aumentar a quantidade de trocas de polaridade por rotação, empregam-se diversos tipos de rotores.

A conexão para retificação de onda completa é usada não somente para retificação da corrente de carga do alternador, mas também para a corrente de excitação, que deve magnetizar os pólos do campo de excitação.

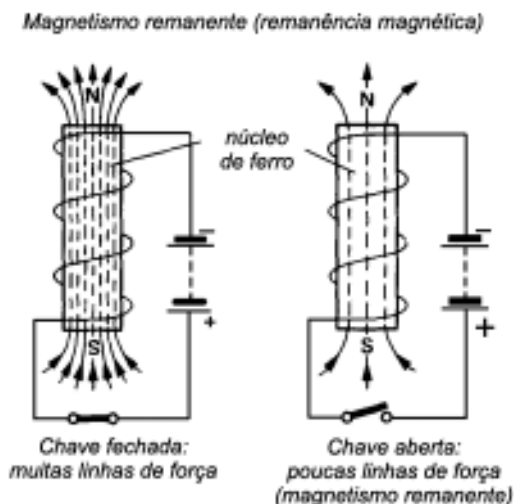
No alternador há três circuitos de corrente:

- o circuito da corrente de pré-excitação;
- o circuito da corrente de carga;
- o circuito da corrente de excitação.

CORRENTE DE PRÉ-EXCITAÇÃO

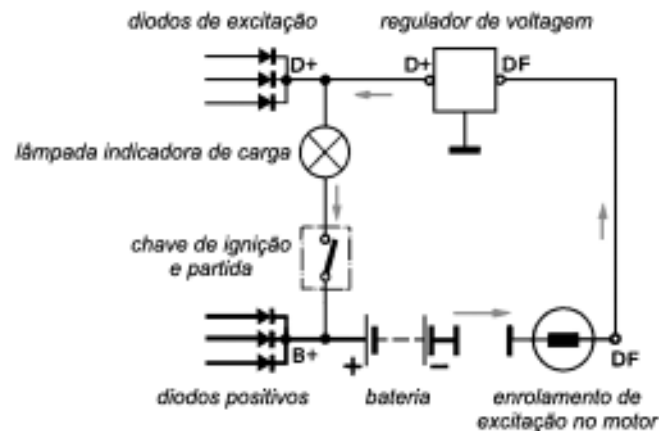
Os alternadores são, via de regra, auto-excitantes. Isso significa que a corrente de excitação é obtida na própria máquina, visto ser desviada da corrente principal.

Como é possível a excitação (ou seja, a formação de um campo magnético) quando ainda não há passagem de corrente de excitação? Para responder a essa pergunta, é preciso saber o que significa “magnetismo remanente” ou “remanência magnética”. Ao ser desligada a corrente de um eletroímã, o respectivo campo magnético não desaparece por completo, mas um pequeno resto continua existindo no núcleo de ferro. Quando o alternador for acionado pelo motor do veículo, o magnetismo remanente no núcleo de ferro provocará a formação de uma pequena força eletromotriz no enrolamento do alternador. Essa pequena tensão, por sua vez, provocará a passagem de uma pequena corrente elétrica no circuito fechado do enrolamento de excitação de maneira que o magnetismo remanente é acrescido de um pouco de eletromagnetismo, que reforça o campo de excitação. Em virtude do campo de excitação mais forte, resultará uma força eletromotriz mais elevada, etc., constituindo-se finalmente o valor desejado da força eletromotriz, correspondente à rotação do alternador.



No alternador existem dois diodos no circuito de corrente de excitação, um de excitação e um negativo. A auto-excitação somente pode começar quando o alternador tiver atingido uma tensão de, no mínimo $2 \times 0,6 \text{ V} = 1,2 \text{ volts}$.

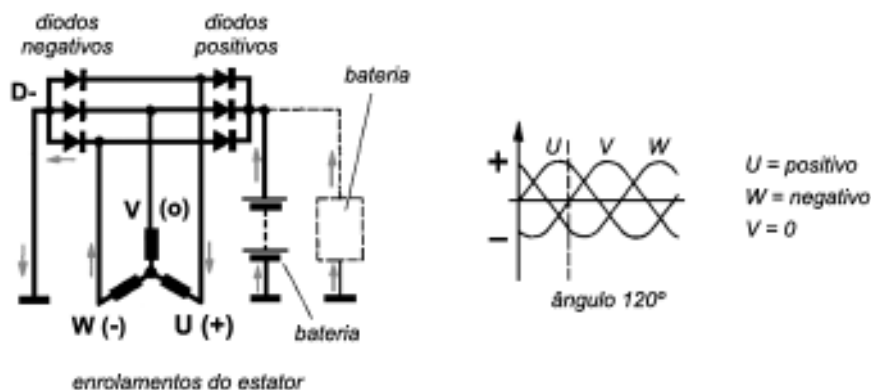
O campo de magnetismo remanente do rotor produzirá a referida tensão somente com uma rotação elevada. Por isso, é necessária a pré-excitação do alternador na partida do motor. A maneira mais prática é sob a forma de corrente da bateria, através da lâmpada indicadora de carga. Após ligado o motor, a corrente de pré-excitação terá o percurso apresentado na figura a seguir.



Pólo negativo da bateria, massa, enrolamento de excitação, borne DF do alternador, borne DF e D+ do regulador, lâmpada indicadora de carga, chave de ignição e partida, pólo positivo da bateria. A corrente de pré-excitação causará, com absorção suficiente de corrente pela lâmpada indicadora, um campo magnético suficientemente grande para o início da auto-excitação do alternador.

CIRCUITO DA CORRENTE DE CARGA

No borne “D-” do alternador, obtém-se a corrente para carregar a bateria e alimentar os consumidores elétricos do veículo. O percurso da corrente de carga e de consumo é visto na figura a seguir.

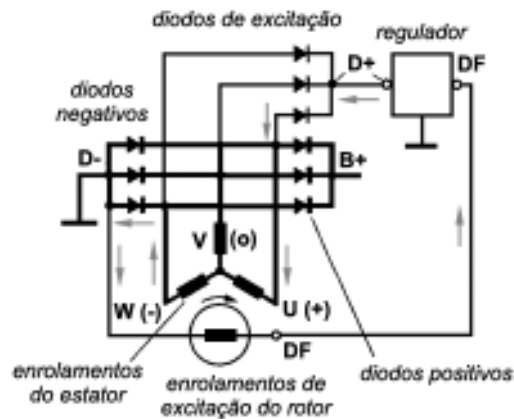


Verifica-se que a tensão na extremidade “U” do enrolamento é positiva, em “W” negativa e em “V” é igual a zero (sem tensão). O percurso da corrente é então o seguinte: extremidade de enrolamento “W”, diodo negativo “W”, borne de alternador “D-”, massa, bateria (consumidor), borne de alternador “B+”, diodo positivo “U”, extremidade de enrolamento “U”, ponto neutro.

Enquanto as correntes de fase modificam o seu valor e trocam de polaridade, a corrente fornecida à bateria (ou aos consumidores elétricos) mantém sempre o mesmo sentido.

CIRCUITO DA CORRENTE DE EXCITAÇÃO

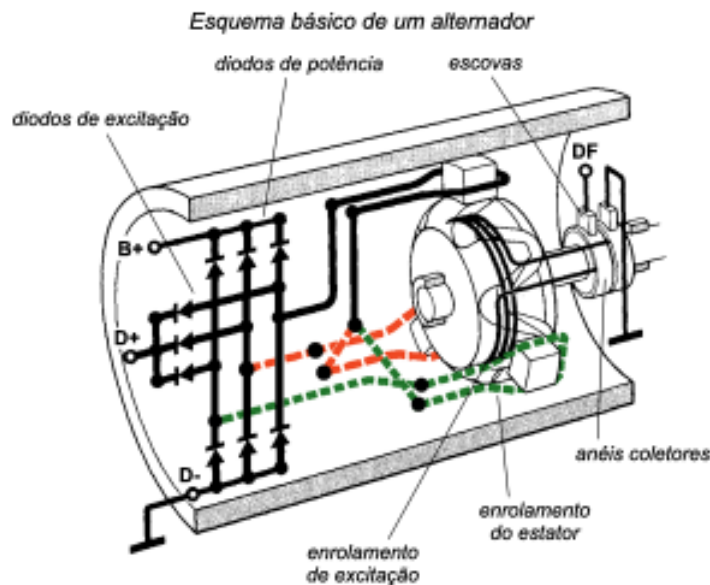
A corrente de excitação para a produção do campo magnético é derivada do enrolamento do estator e retificada por três diodos de excitação especiais e os três diodos de potência negativos. O percurso da corrente de excitação é mostrado na figura a seguir.



ESTRUTURA BÁSICA DO ALTERNADOR

Constituem elementos fundamentais de um alternador: um enrolamento de três fases no estator, como parte imóvel dos condutores; um rotor, sobre cujo eixo se encontram os pólos magnéticos com o enrolamento de excitação, assim como (na maioria dos tipos) dois anéis coletores; dois mancais, 6 diodos de potência e 3 diodos de excitação; e, finalmente, duas escovas aplicadas sobre os anéis coletores e através dos quais passa a corrente de excitação do enrolamento do estator ao enrolamento de excitação, este em movimento giratório. Para fazer a conexão elétrica do alternador com o regulador e a rede de alimentação do veículo há bornes.

Em geral, os alternadores podem funcionar nos dois sentidos de rotação por não haver necessidade de inversão de corrente (como é o caso nos dínamos). O sentido da rotação depende exclusivamente do tipo de ventilador empregado.

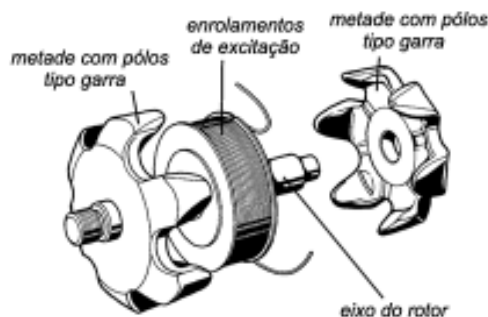


TIPOS DE ALTERNADORES

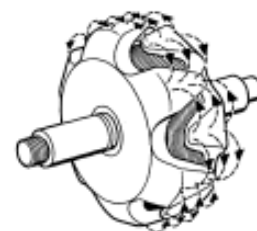
Os tipos de alternadores são: alternador de rotor com pólos tipo garra e anéis coletores, alternador de pólos individuais com anéis coletores (linha automotiva), alternador de rotor com pólo interno sem coletor, alternador de rotor com pólos tipo garra e unidade excitatriz.

• ALTERNADORES DE ROTOR COM PÓLOS TIPO GARRA E ANÉIS COLETORES

A denominação provém do formato do rotor, que consta de duas metades e entre as quais se encontra o enrolamento de excitação de forma anular. Cada metade possui pólos em forma de garra, que se encaixam alternadamente, resultando o total de 12 pólos (6 pólos norte e 6 sul). De um pólo para o outro forma-se um campo de linhas de força, que durante o movimento giratório do rotor corta os três feixes do enrolamento do estator, resultando 12 passagens de pólo em uma rotação (360°) do rotor. A cada passagem de pólo resulta um semiciclo de corrente elétrica alternadamente de sentido positivo e negativo. Conseqüentemente são induzidos $12 \times 3 = 36$ semiciclos de tensão nas três fases do estator.



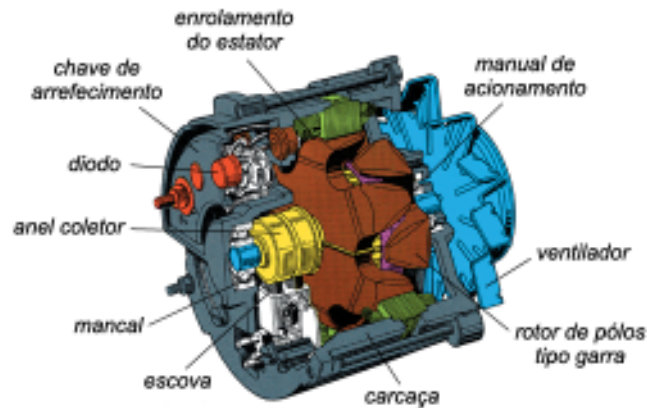
Peças do rotor com pólos tipo garra



Campo de linhas de força de um motor com 12 pólos

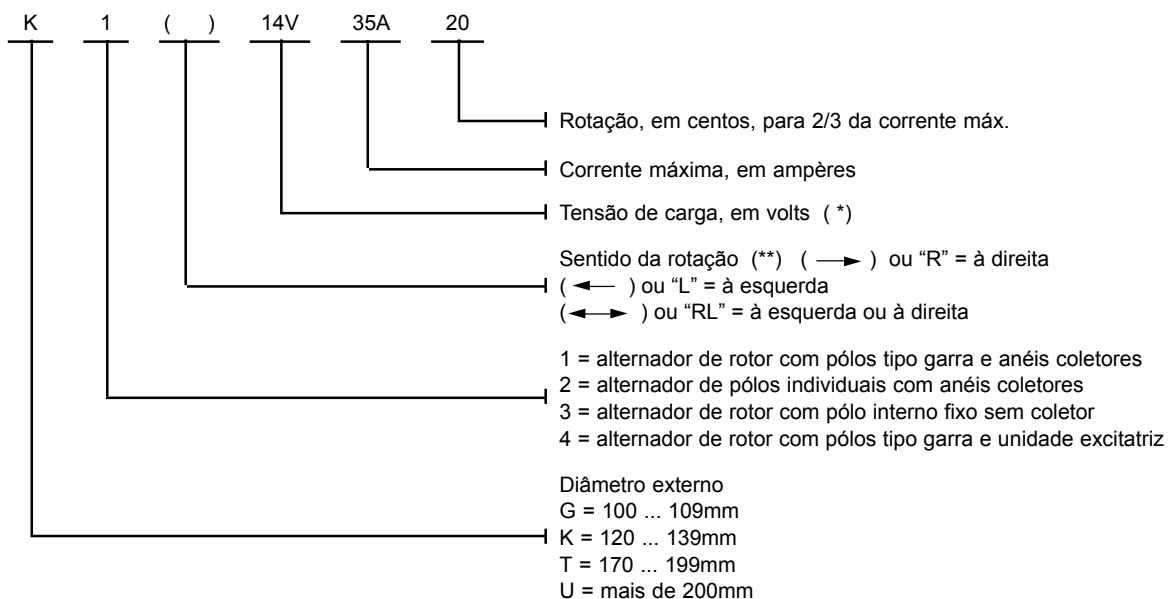
A figura a seguir mostra mais claramente as peças de um alternador K1 com pólos tipo garra. O rotor gira em dois rolamentos de esferas. O enrolamento de excitação recebe corrente elétrica através das escovas pressionadas contra os anéis coletores. Os anéis coletores giram com o rotor e se acham protegidos contra sujeira e água.

Nos corpos de arrefecimento do mancal do lado dos anéis coletores encontram-se os 6 diodos de potência para a retificação das correntes de fase, assim como os 3 diodos de excitação para a retificação da corrente de excitação. No lado frontal deste mancal, estão os bornes “D+/61”, “D-” e DF para a conexão dos condutores ligados ao regulador, assim como o borne “B+” e parcialmente “D-” para a conexão à rede de alimentação dos consumidores (e à bateria). O circuito negativo é feito, na maioria dos casos, através da massa.



EXPLICAÇÃO DA DESIGNAÇÃO DOS ALTERNADORES

Nos alternadores consta, além do número de tipo (que começa sempre com 0 12...), uma designação com a seguinte significação:

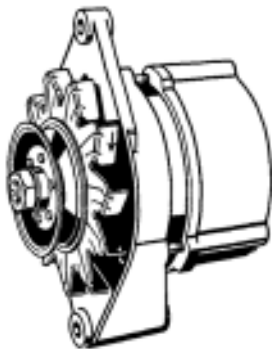


* A tensão de carga (7 volts, 14 volts, 28 volts etc) não deve ser confundida com a tensão nominal. É a tensão mediante a qual o alternador funciona e consta da sua chapinha de indicação. É um valor aproximado da tensão de carga necessária para os diversos tipos de bateria e condição de funcionamento. A tensão nominal, por sua vez, é a tensão de bateria padronizada, isto é, a tensão da rede com o alternador parado (6, 12, 24 volts etc ...). Essa tensão nominal também é gravada nos motores de partida e motores elétricos em geral.

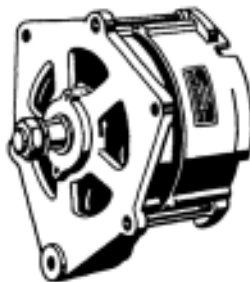
** No alternador com mancais próprios, visto do seu lado de acionamento. Rotação à direita = no sentido do movimento dos ponteiros do relógio.

TIPOS DE ALTERNADORES E PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

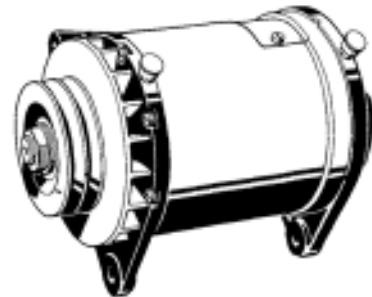
TIPO	Ø DA CARÇAÇA	SISTEMA DE ROTOR	Nº DE PÓLOS	ANÉIS COLETORES	RETIFICADOR	REGULADOR	FIXAÇÃO	APLICAÇÃO
G1	100...109	pólos tipo garra	12	com	incorporado	anexo em separado	braço	carros, caminhões, tratores
K1	130	pólos tipo garra	12	com	incorporado	anexo em separado	braço	carros, caminhões, tratores
T1	178	pólos tipo garra	16	com	incorporado	anexo em separado	braço móvel, cavalete	ônibus



Alternador G1 (de rotor com pólos tipo garra e anéis coletores), fixação mediante braço móvel, ventilação externa



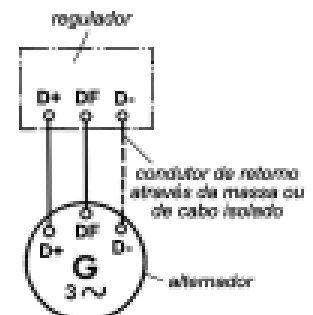
Alternador K1 (de rotor com pólos tipo garra e anéis coletores), fixação mediante braço móvel, ventilação externa



Alternador T1 (de rotor com pólos tipo garra e anéis coletores), fixação mediante braço móvel, ventilação externa com tubuladura de aspiração de ar

REGULADOR DE TENSÃO

Ao gerador (dínamo ou alternador) são feitas demandas elevadas, pois a tensão tem que ser mantida no valor exigido pelos diversos consumidores elétricos e a bateria receber sempre carga suficiente (mas não em demasia), não obstante as alterações da rotação do motor do veículo e as enormes variações de carga nos diversos âmbitos entre o regime de marcha lenta e o de plena carga. Por isso, são necessárias medidas especiais para uma regulagem automática da tensão, o que se obtém com os reguladores, de comprovada eficiência, que acompanham cada gerador de energia elétrica.



A tensão produzida no alternador é relativamente igual ao produto da rotação e da corrente de excitação. O princípio da regulação da tensão, consiste em comandar a corrente de excitação (e conseqüentemente o campo de excitação no rotor do alternador) de tal maneira que a tensão nos bornes do alternador seja mantida constante até a corrente máxima, com rotação e carga variáveis. Enquanto a tensão produzida pelo alternador permanecer abaixo da tensão de regulação (de, por exemplo, 7, 14 ou 28 volts), o respectivo regulador não atuará.

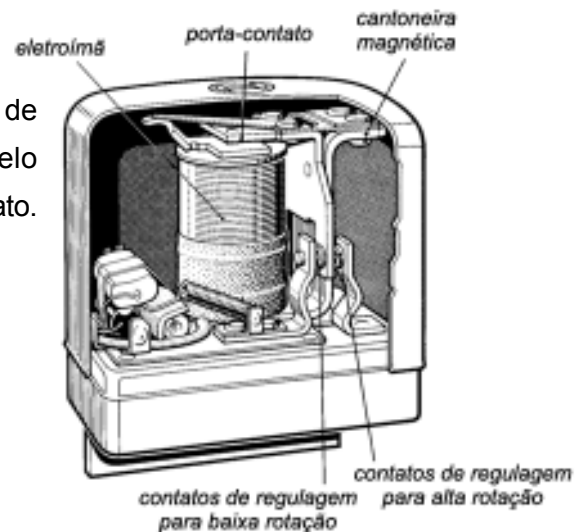
Quando a tensão ultrapassar o valor máximo indicado, o regulador de tensão causará - segundo o regime de funcionamento - uma redução ou interrupção total da corrente de excitação. A excitação do alternador diminuirá e, com isso, também a tensão produzida pelo alternador. Se, em seguida, a tensão produzida ficar abaixo do valor prescrito, a excitação do alternador começará novamente a subir, e assim também a sua tensão, até que o valor prescrito seja novamente ultrapassado. E aí “começa tudo de novo”.

Isso se passa com tanta rapidez, que a tensão do alternador fica praticamente ajustada no valor constante desejado, não havendo nenhum tremular perceptível da luz.

REGULADORES DE CONTATO

Os reguladores de contatos são empregados de preferência com os tipos menores de alternadores, “G1” e “K1”. No regulador de contatos, a modificação alternada da corrente de excitação é feita pela abertura e fechamento de um contato móvel, pressionado contra um contato fixo pela ação de uma mola. No momento em que a tensão nominal for ultrapassada, um eletroímã, influenciado pela tensão do alternador e agindo contra a força da mola, abre os contatos. Um resistor é ligado no circuito de corrente de excitação, resultando na diminuição da corrente de excitação e, conseqüentemente, queda da tensão do alternador. Quando a tensão do alternador baixar além da tensão nominal, a força da mola vence a força do eletroímã e os contatos fecharão novamente.

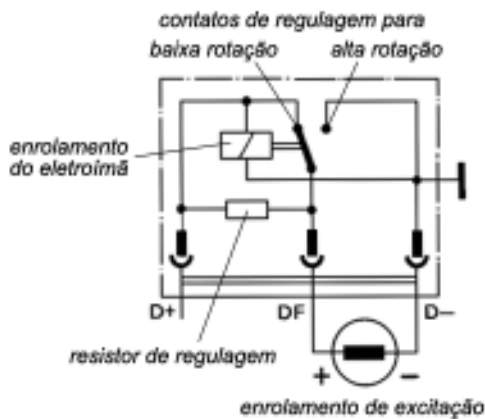
Nos alternadores são empregados reguladores de um elemento. O elemento é constituído pelo eletroímã, cantoneira magnética e o porta-contato. O porta-contato é atraído pelo eletroíma.



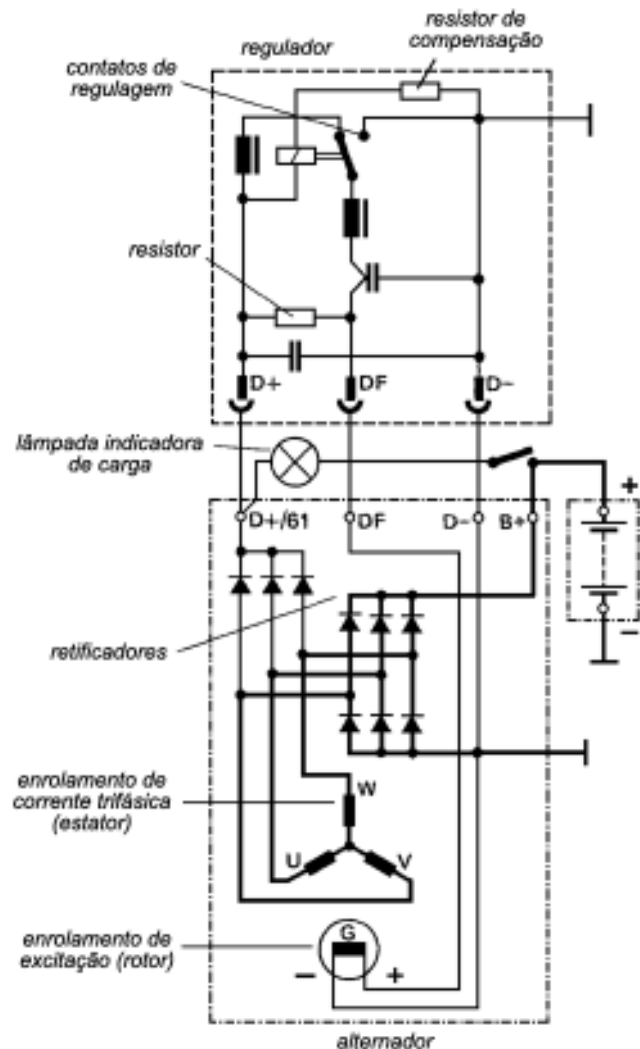
REGULADOR DE DOIS CONTATOS

Esse regulador permite maior elasticidade na escolha das correntes de excitação e no âmbito de rotações do alternador. Com uma rotação baixa, o modo de atuar é igual ao do regulador de um contato. A diferença essencial consiste no fato de que no regulador de dois contatos, o resistor que é ligado em série com o enrolamento de excitação, pode ser de valor bem menor, o que favorece a durabilidade dos contatos e permite correntes de excitação mais elevadas. Com rotação alta, o regulador trabalha com o segundo par de contatos. O enrolamento de excitação é periodicamente ligado em curto-circuito. Também podem ser controladas rotações elevadas. Utiliza-se o regulador de dois contatos de preferência para tensões do alternador de 7 ou 14 volts.

Esquema de ligações do regulador de tensão de dois contatos



Alternador G1 ou K1 (de 14 volts) com regulador de dois comandos ADN 1 negativo à massa, com dispositivos supressores de interferência (supressão local)

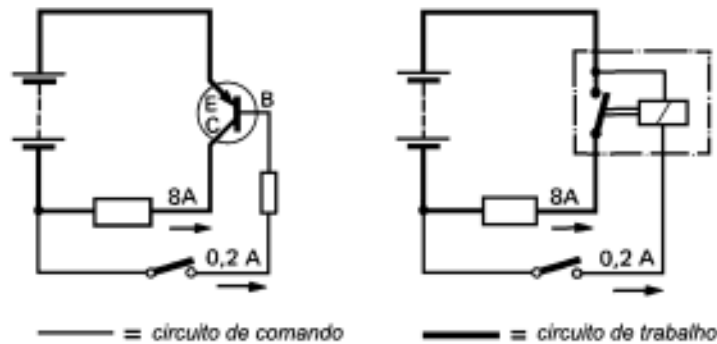


REGULADORES ELETRÔNICOS

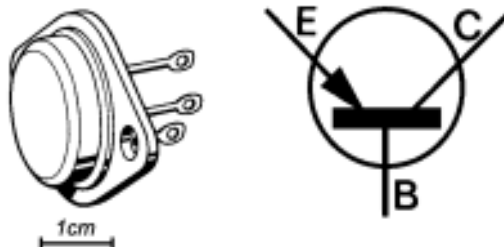
Para alternadores de potências médias e maiores empregam-se - para a regulação da tensão - reguladores eletrônicos, com os quais é possível controlar com absoluta segurança as elevadas correntes de excitação dos alternadores; são além disso de elevada durabilidade (funcionamento sem desgaste). Os reguladores eletrônicos contêm transistores e diodos Z (diodos Zener), como elementos semicondutores.

• TRANSISTOR

A figura a seguir mostra como, em lugar de um relé, com um eletroímã e contatos (à direita), um transistor (à esquerda) pode desempenhar a mesma função. No momento em que é ligado o interruptor no circuito de comando do relé, os contatos do relé fecham o circuito de corrente principal (circuito de trabalho), portanto com uma corrente relativamente fraca pode ser comandada uma corrente de trabalho mais forte. Exatamente a mesma coisa ocorre com o transistor representado na parte esquerda da figura. No momento em que for ligado o interruptor no circuito de comando, flui uma corrente de comando do terminal negativo da bateria através do interruptor pelo resistor, à base B, emissor E, ao terminal positivo da bateria. Em virtude da corrente que passa entre a base e o emissor, o trecho emissor-coletor (E-C) se tornará condutor, a corrente principal estará ligada. Essa é a característica principal do transistor.



No alternador, o transistor principal do regulador de tensão liga e desliga alternadamente, em rápida seqüência, o campo de excitação.



- **DIODO Z (DIODO ZENER)**

Um outro componente semicondutor, também muito importante no regulador eletrônico, é o diodo Z, antigamente chamado de diodo Zener, em homenagem ao seu descobridor. Esse diodo funciona apenas no âmbito de bloqueio, sendo que, com uma determinada tensão (tensão Zener), a corrente de bloqueio aumenta repentinamente. Por essa razão, o diodo Z é bastante apropriado como emissor do valor de medição. No regulador transistorizado, é utilizado para comandar um outro transistor, após atingida a tensão de medição.

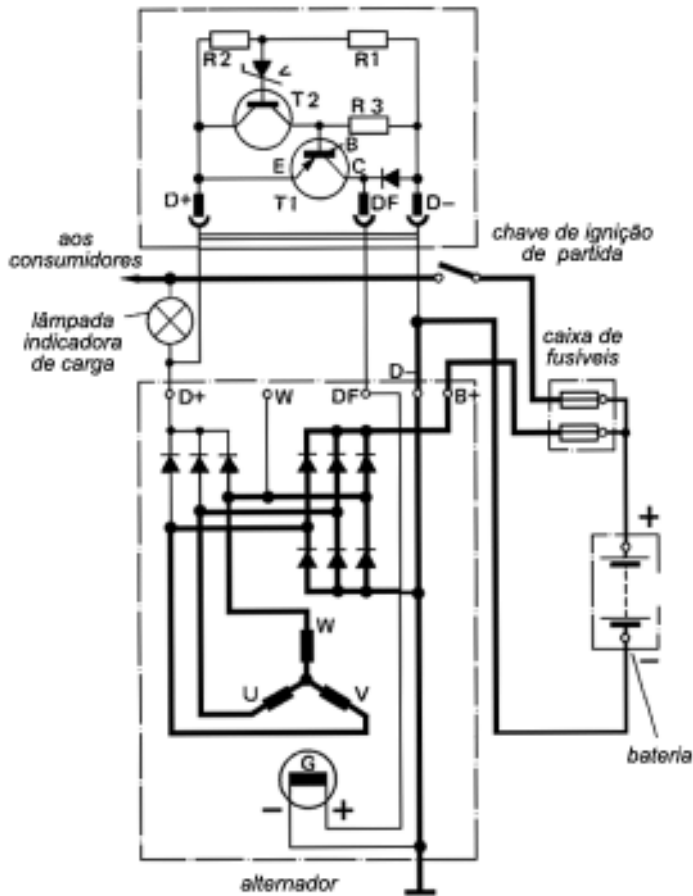


REGULAGEM DE TENSÃO

O regulador transistorizado, representado de maneira simplificada, funciona da seguinte maneira:

Partindo do borne D-, passa uma corrente elétrica através de R3, base de transistor principal T1, emissor "E" do mesmo e atinge o borne D+ (o resistor "R3" serve de proteção contra a ocorrência de um curto-circuito entre D- e D+). Com isso o trecho C-E se torna condutor, a corrente de excitação passa agora de D-, enrolamento de excitação, conexões DF, trecho C-E e atinge D+. O alternador atinge com isso a sua excitação total e a tensão aumenta. A tensão do alternador vai ter também ao divisor de tensão "R1 - R2", o qual, por sua vez, fornece a tensão Zener. Quando for atingida a tensão de aproximadamente 28 volts, a tensão no resistor R2 será igual à tensão Zener e o diodo Z se tornará condutor. O diodo Z liga o transistor de comando "T2". A base do transistor principal "T1" ficará ligada ao borne D+ através do transistor T2. Não haverá mais passagem de corrente de base. Com isso, o transistor principal "T1" abrirá o circuito da corrente de excitação. O alternador deixará então de ser excitado. A tensão baixará para menos do valor teórico, e o diodo Z interromperá a corrente de base do transistor "T2". Com isso, a base do transistor principal "T1" será ligada, através do resistor "R3", ao borne "D+". O transistor principal "T1" tornará a ligar a corrente de excitação.

Esse jogo se repete em uma seqüência rápida, resultando uma tensão regulada com muita exatidão.



Equipamento composto de um alternador T1 e de um regulador transistorizado ED, sendo:

T1 = transistor principal

T2 = transistor de comando

Z = diodo Z

R1 - R2 = divisor de tensão

R3 = resistor

ELIMINAÇÃO DE DESARRANJOS

Em caso de defeitos no equipamento gerador de corrente, deve-se levar em consideração que nem sempre as causas se encontram no alternador ou no regulador de tensão. Podem encontrar-se também na bateria, nos condutores, etc.

Para os desarranjos que eventualmente possam ocorrer, veja a seguir as possíveis causas e os respectivos meios de corrigi-los.

INCONVENIENTE	POSSÍVEIS CAUSAS
Tensão superior a 14V.	<ul style="list-style-type: none"> • Regulador de tensão defeituoso.
Corrente inferior a corrente de carga.	<ul style="list-style-type: none"> • Defeito no regulador de tensão. • Curto entre espiras ou à massa no enrolamento do estator. • Diodos em curto-circuito.
A lâmpada piloto acende com a chave de ignição desligada (motor parado).	<ul style="list-style-type: none"> • Existe um ou mais diodos retificadores positivos queimados (em curto-circuito).
A lâmpada piloto acende (fraca) quando o motor está acelerado.	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar as conexões: cabo massa do motor à carroceria, cabos da bateria. • Diodos de excitação abertos. • Diodos positivos abertos.
A lâmpada piloto não acende com o motor parado.	<ul style="list-style-type: none"> • Lâmpada queimada ou desligada. • Regulador de tensão desconectado. • Bateria totalmente descarregada ou danificada. • Enrolamento do rotor interrompido.
A lâmpada piloto acende com pouca luminosidade e não se altera.	<ul style="list-style-type: none"> • Circuito de campo do alternador interrompido. • Terminais DF desligados. • Escovas com mau contato. • Anel coletor dessoldado.
A lâmpada piloto permanece com luminosidade inalterada (forte).	<ul style="list-style-type: none"> • Terminal D+ em curto à massa (com conseqüência, diodos de excitação queimados). • Terminal DF em curto-circuito à massa. • Curto-circuito à massa ou entre espiras do enrolamento do rotor.

MOTORES DE PARTIDA

Motores de combustão não dispõem de força própria para sua partida, como por exemplo uma máquina a vapor, necessitando de um dispositivo impulsor para a partida, ou seja, um motor de partida.

Na partida, há considerável resistência devido à compressão e ao atrito de pistão, biela, árvore de manivelas e mancais. Resistência essa que precisa ser superada e que varia com o tipo de construção e o número de cilindros do motor, depende ainda da viscosidade do óleo e da temperatura do motor. As resistências por atrito são maiores quanto mais frio se encontrar o motor.

Não é suficiente girar o motor, a função de um motor de partida é fazer com que o motor atinja um número mínimo de rotações (40 a 80 RPM no motor a gasolina, 100 a 200 no motor diesel) para que seja conseguida a mistura ar- combustível ideal e, no motor diesel, que seja conseguida também a temperatura necessária na câmara de combustão.

Os motores de partida são constituídos, via de regra, dos seguintes componentes:

- Motor elétrico de partida (alguns tipos possuem caixa de redução).
- Chave magnética com ligações elétricas (alguns tipos possuem relé de comando adicional).
- Sistema mecânico de engrenamento do pinhão.

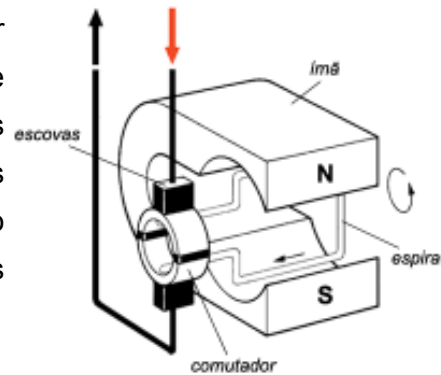
MOTOR ELÉTRICO DE PARTIDA

No motor elétrico de partida, a corrente elétrica é utilizada para gerar um movimento rotativo. A energia elétrica é transformada em energia mecânica.

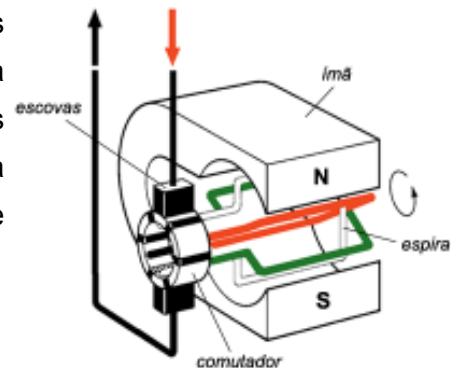
Isto se deve ao fato de que um condutor pelo qual flui corrente elétrica exerce uma força em um campo magnético. A intensidade desta força é proporcional à intensidade do campo magnético e à intensidade da corrente elétrica, e maior quando campo magnético e corrente estão perpendiculares entre si.

Para melhor entendimento, na representação esquemática a seguir, o condutor é representado por uma espira que pode girar livremente no campo magnético. Se por esta espira passar uma corrente elétrica, ela se alinha perpendicularmente ao campo magnético, e é mantida nesta posição pela força magnética. Mas se neste ponto morto se inverter a direção da corrente na espira, pode-se impedir sua imobilização.

O torque tem então sempre o mesmo sentido de rotação e permite uma rotação contínua da espira. Esta inversão da corrente é feita em um coletor (inversor de corrente) que neste caso é constituído de dois segmentos semicirculares isolados entre si, aos quais estão ligadas as duas extremidades da espira. Duas escovas de carvão estão ligadas com a fonte de tensão e, assim, flui corrente elétrica através das espiras individuais.



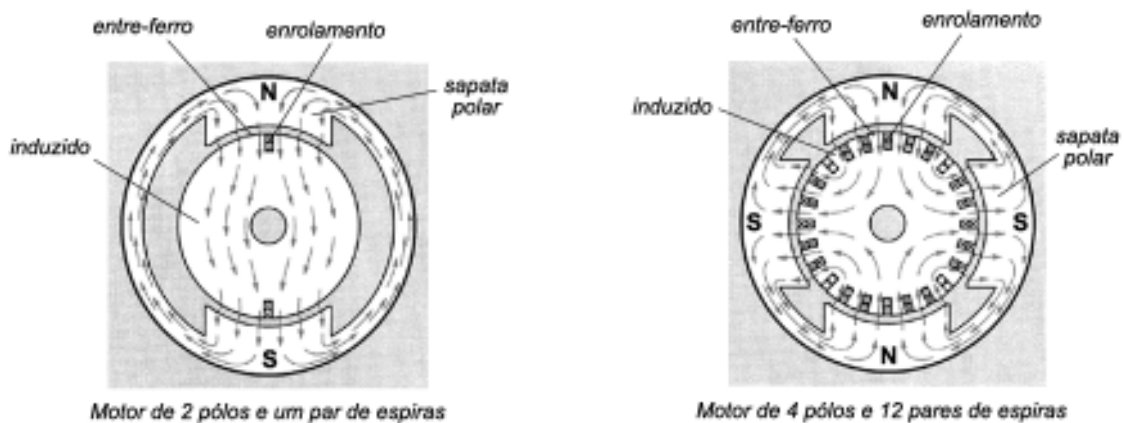
Para obtenção de um torque uniforme, aumenta-se a quantidade de espiras. Os seus torques individuais geram juntos um torque total bem mais elevado e mais uniforme. A figura a seguir mostra ainda as espiras simetricamente dispostas, cujo coletor tem seis segmentos, também chamados lâminas. Na realidade, a quantidade de espiras é ainda maior, com o que se pode aumentar ainda mais o torque.



O campo magnético pode ser gerado por ímãs permanentes ou por eletroímãs (pólos eletromagnéticos com enrolamento de excitação). Conforme a ligação do enrolamento de excitação, pode-se diferenciar entre motores de partida com enrolamento em derivação, em série e em dupla derivação. De um modo geral, os motores de partida possuem, não duas, mas quatro sapatas polares, com o que se consegue melhor aproveitamento dos condutores. Em contato com o coletor encontram-se, em geral, também quatro escovas ligadas aos pares ao borne positivo e negativo da bateria. Por meio dos pólos do motor de partida, com exceção dos de pequena potência, de tipo ímã permanente, obtém-se o campo magnético por eletroímãs (bobinas de campo).

As bobinas de induzidos e as bobinas de campo de motores de partida têm ligação em série, sendo percorridas pela mesma corrente. Desse modo, desenvolve-se no induzido um torque muito elevado, especialmente no instante da partida, torque esse necessário para a rápida aceleração do motor de combustão até a rotação necessária ao seu funcionamento.

As figuras a seguir mostram as linhas magnéticas e a disposição das espiras no induzido.



As linhas magnéticas sempre formam um circuito fechado e se conduzem muito bem em ferro, motivo pelo qual a carcaça, as sapatas polares e o induzido são de ferro. Entre as sapatas polares e o induzido há uma pequena folga conhecida como entre-ferro.



As espiras são dispostas em ranhuras do induzido. O induzido acompanha a rotação das espiras e, para diminuir as perdas de magnetização, é composto de várias lâminas isoladas entre si e prensadas sobre o eixo do induzido. Também o coletor fica sobre o eixo.

Nos motores elétricos de partida, o eletroímã é formado de uma carcaça polar de formato tubular, em cuja parte interna estão fixadas, em geral, quatro sapatas polares (ímãs polares). Essas sapatas polares possuem, desde que não se trate de ímãs permanentes como no motor de partida tipo DW, um enrolamento de excitação (ou bobina de campo) através do qual flui a corrente para a excitação do campo magnético.

Para que as linhas do campo apontem sempre em uma direção, a bobina de campo é alimentada com corrente contínua. Como as linhas do campo magnético estão sempre fechadas e se propagam muito bem no ferro, as carcaças polares e as sapatas polares são feitas desse material (mais precisamente um aço com propriedades magnéticas excepcionalmente boas).

O induzido corresponde às espiras giradas no campo magnético, porém equipado com um núcleo adicional de ferro. Quando passa corrente, também no núcleo de ferro do induzido é formado um campo magnético com pólos norte e sul. A rotação do induzido baseia-se no fato de que pólos iguais do induzido e da carcaça polar estão um defronte ao outro e se repelem. O núcleo de ferro do induzido, para diminuição das perdas por magnetização, é composto de lâminas individuais, isoladas entre si, e prensadas sobre o eixo do induzido formando um “pacote”.

Nos canais deste núcleo de ferro estão as espiras, ou seja, o enrolamento do induzido, ligado nas lâminas individuais do coletor. O coletor é fixado diretamente no eixo do induzido. No coletor encostam, na maioria das vezes, quatro escovas de carvão, devido à mais favorável passagem de corrente, ligadas aos pares no pólo positivo (+) e no pólo negativo (-) da bateria (ou massa). O coletor, mediante constante inversão de corrente, cuida para que a polaridade no induzido inverta em tempo, ao passo que os pólos magnéticos na carcaça polar mantém sua polaridade inalterada.

No induzido de um motor elétrico é induzida uma tensão (força contra-eletromotriz), que age contra a tensão operacional aplicada ao induzido. Quanto mais rapidamente gira o motor, tanto maior é a força contra-eletromotriz e tanto menor é a intensidade da corrente. Mas se o motor é submetido a uma carga, tendo que desenvolver trabalho, com a diminuição da rotação, diminui também a força contra-eletromotriz, o que aumenta a intensidade da corrente. A intensidade da corrente e assim também o torque são maiores quando o motor parado deve entrar em funcionamento com carga.

OBSERVAÇÃO

O motor elétrico adapta automaticamente a sua corrente elétrica à carga mecânica que tem de mover.

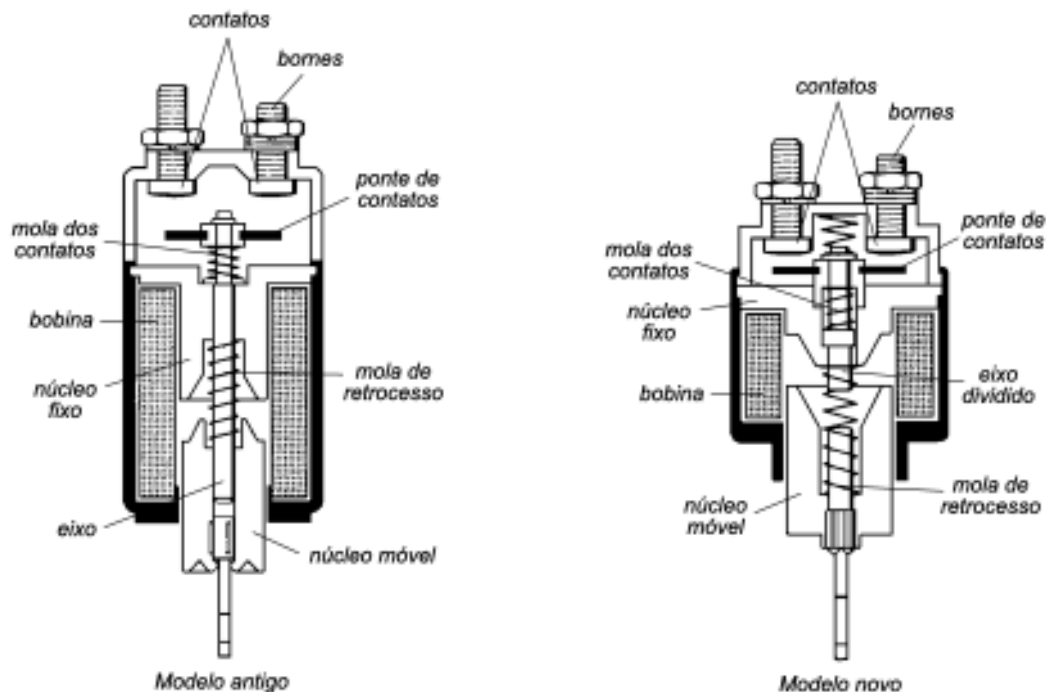
CHAVE MAGNÉTICA

A função básica de uma chave magnética é comutar altas correntes por meio de correntes elétricas relativamente baixas.

Como na partida, a corrente no motor alcança algumas centenas de ampères - nos tipos maiores até mais de mil ampères - geralmente são utilizadas tais chaves no circuito de partida. Para a ligação da corrente de pequena intensidade, chamada corrente de comando, é suficiente um dispositivo mecânico (botão de partida, chave de partida).

As figuras a seguir mostram a construção de uma chave magnética. O núcleo fixo, preso à carcaça, penetra na bobina de um lado; pelo outro, penetra o núcleo móvel. A distância entre núcleo fixo e o núcleo móvel corresponde ao curso do núcleo móvel. Carcaça, núcleo fixo e núcleo móvel formam um circuito magnético.

Em muitos tipos de chaves magnéticas, a bobina é constituída de dois enrolamentos: um de chamada (atração) e um de retenção.



A vantagem desse tipo de chave magnética é uma melhor resistência térmica. Durante a atração, desenvolve-se uma força magnética mais elevada, e o circuito magnético, uma vez fechado, curto-circuita o enrolamento de chamada; permanece o campo magnético da bobina de retenção, o qual é suficiente para reter o núcleo móvel, até a abertura da chave de partida.

Sob a ação do campo magnético, o núcleo móvel é atraído para o interior da bobina: fecha-se a ponte de contato com os bornes. Há um contato perfeito graças à mola existente entre o anel de trava no eixo do núcleo móvel e a ponte. A mola de retrocesso faz com que os contatos se abram depois de desligada a chave. Nas chaves magnéticas para motores de partida, o curso móvel é utilizado também para deslocar o pinhão no sentido axial.

Há chaves (também usadas em motores de partida) com funcionamento similar, que porém só provocam o deslocamento do pinhão.

SISTEMA DE ACOPLAMENTO

O mancal do lado de acionamento do motor de partida contém essencialmente um sistema de acoplamento, com pinhão, roda livre, elemento de engrenamento, (alavanca ou haste de comando para executar o curso de engrenamento do pinhão) e mola de engrenamento. Nestes motores de partida, o movimento de avanço do pinhão gerado pela chave magnética e os movimentos rotativos do motor de partida são adequadamente unificados e transmitidos ao pinhão.

PINHÃO

O motor de partida engrena uma pequena engrenagem - chamada "pinhão" - na cremalheira do volante do motor. Uma elevada relação de transmissão (normalmente entre 10:1 e 15:1) permite superar a resistência oferecida pelo motor de combustão com um motor de partida relativamente pequeno, mas de rotação elevada. É possível, assim, manter pequenas as dimensões e o peso do motor de partida.

Para que o pinhão do motor de partida, durante a partida, possa engrenar perfeitamente na cremalheira do volante do motor, transmitir o torque necessário e finalmente desengrenar no momento certo, os dentes apresentam características bem específicas:

- Nos dentes do pinhão, usa-se o perfil envolvente, que propicia um melhor engrenamento.
- Os dentes do pinhão e, conforme o tipo de motor de partida, também os dentes da cremalheira do volante do motor, têm uma entrada chanfrada.
- Contrariamente ao que ocorre com engrenagens constantemente engrenadas, a distância entre pinhão e coroa dentada do volante do motor é aumentada para manter grande o suficiente a folga nos flancos dos dentes.
- Na posição de repouso, a face frontal do pinhão deve ter uma distância mínima em relação à face dos dentes do volante do motor.
- Tendo em vista uma grande durabilidade, os materiais e os processos de têmpera do pinhão e do volante são objetos de minuciosos estudos, para uma perfeita adaptação.

Assim que o motor entra em funcionamento e por força própria ultrapassa a rotação de partida, o pinhão deve desengrenar automaticamente para proteção do motor de partida, isto é, a união entre eixo do motor de partida e o volante do motor deve ser automaticamente desfeita. Portanto, os motores de partida são ainda equipados com uma roda livre e com um sistema mecânico de engrenamento e desengrenamento.

MECANISMO DE ENGRENAMENTO

O mecanismo de engrenamento deve ser tal que o movimento de avanço do pinhão gerado pela chave magnética e os movimentos rotativos do motor de partida possam agir em conjunto com todas as situações possíveis do engrenamento porém independentemente. Os diversos tamanhos de motores de partida diferenciam-se todavia quanto à execução técnica do mecanismo de engrenamento. As diferenças são destacadas pela denominação do tipo de motor de partida.

RODA LIVRE

Em todos os tipos de motores de partida, o movimento rotativo é transmitido via uma roda livre. A roda livre faz com que, com o eixo do induzido acionado, o pinhão seja também avançado e que, com o pinhão girando mais rapidamente (motor de combustão “ultrapassando” a velocidade do pinhão), a união entre pinhão e eixo do induzido seja desfeita.

A roda livre ou embreagem está disposta entre o motor de partida e o pinhão e impede que o induzido do motor de partida atinja rotações inadmissivelmente elevadas com a aceleração do motor de combustão.

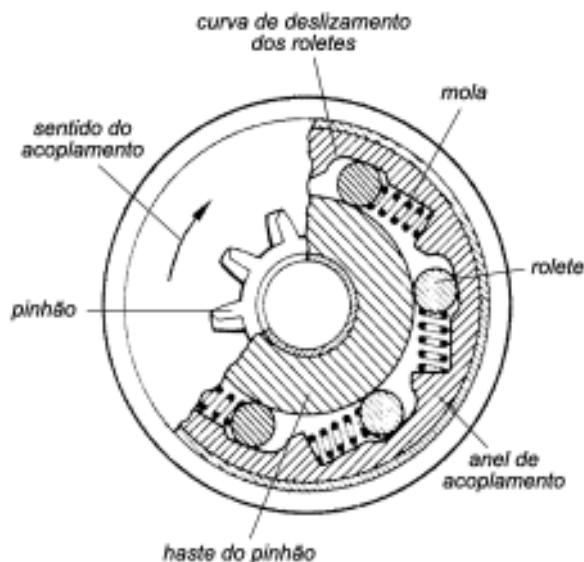
RODA LIVRE DE ROLETES

Motores de partida com fuso de avanço e alavanca de comando são equipados para sua proteção com uma roda livre (veja figura a seguir). A união mecânica entre o eixo do pinhão situado internamente com o anel de acoplamento externo do arraste em rotação é feito através de roletes, que podem se deslocar sobre a curva de deslizamento.

Na condição de repouso, as molas pressionam os roletes para a parte mais estreita do espaço entre a curva de deslizamento do anel de acoplamento e a parte cilíndrica do eixo do pinhão para que, com motor de partida em rotação, o pinhão seja firmemente acoplado ao eixo do induzido.

Observe na figura a seguir que com o eixo do induzido acionado, os roletes são travados no espaço menor, estabelecendo assim uma firme união mecânica. No momento em que ocorre

inversão da força devido à aceleração do motor de combustão, os roletes se soltam e são empurrados - contra a força das molas - para a área com espaço maior. É assim desfeita a união mecânica entre o induzido e o pinhão do motor de partida.



O eixo do induzido quando em rotação faz com que os roletes sejam travados no espaço mais estreito.

Quando o motor de combustão entra em funcionamento, o pinhão do motor de partida é acionado com rotação maior do que a rotação sem carga do induzido do motor de partida; isto faz com que os roletes da roda livre destravem e - contra a força das molas - se desloquem para a parte mais larga da curva de deslizamento dos roletes. Assim é desfeita a união mecânica entre o pinhão e o induzido.

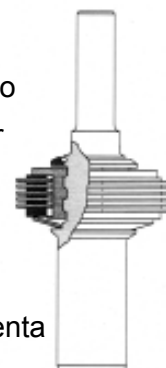
A grande vantagem desta roda livre é que apenas pequenas massas de peso bastante reduzido precisam ser aceleradas e que o torque de ultrapasse do motor de combustão é relativamente pequeno.

EMBREAGEM DE LÂMINAS

A embreagem de lâminas encontra aplicação em motores de partida maiores do tipo de pinhão deslizante. Quando a rotação do motor ultrapassa a rotação do motor de partida, a embreagem de lâminas desfaz a união entre o pinhão e o induzido do motor de partida. O fuso da transmissão mecânica do motor de partida executa a separação. Impede-se, assim, que o motor de partida seja acelerado até rotações inadmissíveis.

A embreagem de lâminas atua ainda como embreagem de proteção contra sobrecarga, limitando o torque do eixo do induzido ao pinhão.

Fundamental na construção desta embreagem é que as lâminas individuais, que devem transmitir toda a força, embora possam ser deslocadas na direção axial dentro do flange de arraste ou na peça de acoplamento, não podem ser giradas radialmente. Estas lâminas estão alternadamente ligadas no diâmetro externo com o flange do arraste (lâminas externas) e no diâmetro interno com a peça de acoplamento (lâminas internas). O flange de arraste externo está firmemente unido com o induzido. A peça de acoplamento assenta sobre fuso.



• ACOPLAMENTO MECÂNICO

Condição básica para que a embreagem de lâminas possa acoplar mecanicamente por atrito, é uma determinada compressão entre as lâminas. Na posição de repouso, o pacote de lâminas é comprimido por uma reduzida pré-carga das molas de tal modo que o atrito desenvolvido assegure o arraste do acoplamento.

Se o pinhão após o seu engrenamento atinge sua posição final, deve atuar à plena força para dar partida ao motor. O acoplamento desliza sobre a rosca de passo rápido para fora, com o pinhão preso nos dentes do volante do motor e eixo do induzido em rotação, deslocando-se contra as molas prato, com o que aumenta ainda mais a compressão entre as lâminas. O aumento da compressão perdura até que o atrito entre as lâminas seja suficiente para transmitir o torque de partida necessário.

O acoplamento mecânico transcorre do seguinte modo:

Eixo do induzido - flange de arraste - lâminas externas - lâminas internas acoplamento - fuso - pinhão

• LIMITAÇÃO DO TORQUE

A compressão das lâminas, aumentada pelo movimento helicoidal do acoplamento e assim do torque transmitido, é limitado pelo encosto do acoplamento internamente nas molas prato, uma vez atingida a carga máxima. Sua superfície frontal pressiona as molas prato contra o colar de encosto do fuso. Desenvolve-se assim um equilíbrio de forças. A compressão nas lâminas não pode mais ser aumentada.

A embreagem de lâminas neste caso atua como um acoplamento de proteção contra sobrecarga, uma vez que as lâminas patinam quando atingida a força máxima ajustada na embreagem e com o torque máximo resultante.

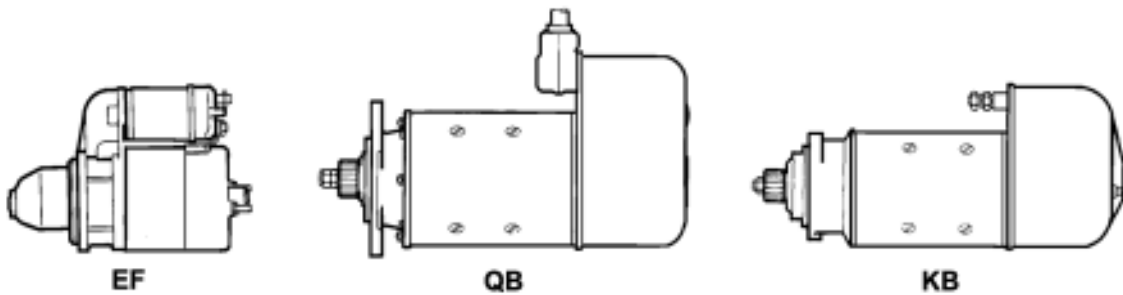
DESIGNAÇÃO

A designação serve como uma primeira orientação, e é indicada na documentação técnica dos motores de partida juntamente com o número de tipo.

EXEMPLO DE UMA DESIGNAÇÃO

Letra de identificação para o ϕ da carcaça polar	ϕ da carcaça polar mm	G	F	(R)	12 V	0,8 kW
D D	65 até 79					
E E	80 até 99					
G G	100 até 109					
J J	110 até 119					
K K	120 até 139					
Q Q	140 até 169					
T T	170 até 199					
B, D, E, F, G - Características construtivas						
Sentido de rotação (visto do lado do pinhão)						
→ ou R = rotação à direita						
← ou L = rotação à esquerda						
Tensão nominal em V						
Potência nominal em kW						

A identificação do motor de partida (gravada na carcaça) engloba o número de tipo, sentido de rotação e tensão nominal.



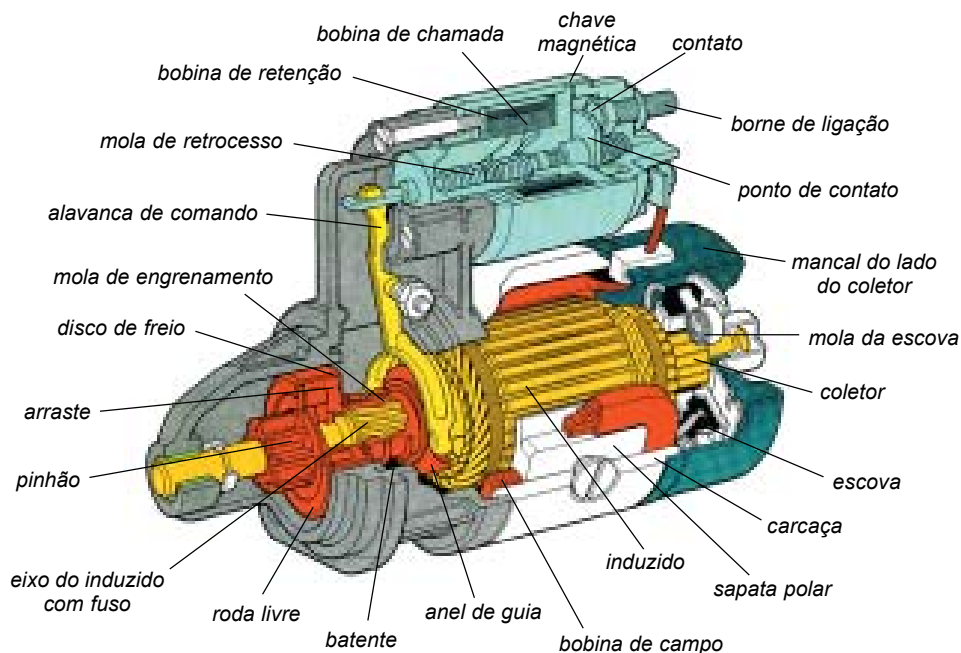
EXEMPLO PARA A MARCAÇÃO DE UM MOTOR DE PARTIDA

9.000.082.061

→ 12V

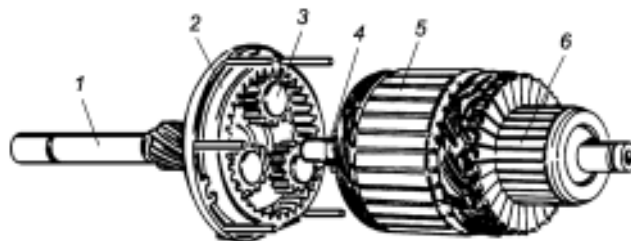
MOTORES DE PARTIDA SEM TRANSMISSÃO INTERMEDIÁRIA

As características principais de motores com fuso de avanço e alavanca de comando sem transmissão intermediária são possuir motor elétrico com acionamento direto, chave magnética montada em cima do motor de partida, mecanismo de engrenamento e roda livre.



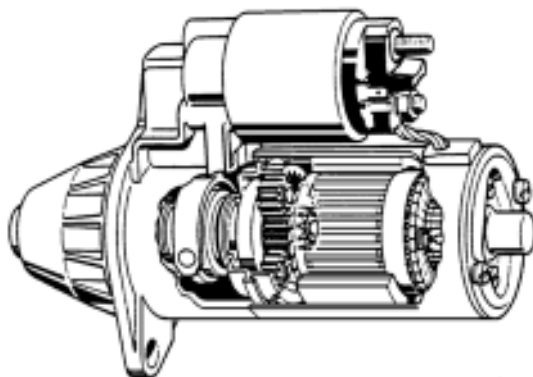
MOTORES DE PARTIDA COM TRANSMISSÃO INTERMEDIÁRIA

Motores de partida com fuso de avanço e alavanca de comando com transmissão intermediária coincidem amplamente em construção e modo de funcionamento com os motores de partida com fuso de avanço e alavanca de comando sem transmissão intermediária. Os dois tipos transmitem a rotação do motor diretamente ao mecanismo de engrenamento.



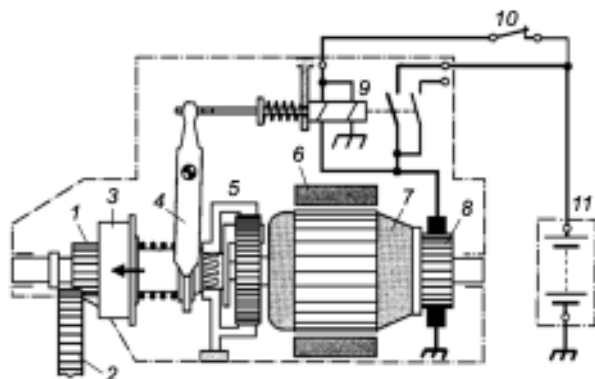
1. Eixo porta-planetárias com fuso de avanço
2. Cremalheira interna servindo simultaneamente como mancal intermediário
3. Engrenagens planetárias
4. Engrenagem sobre o eixo do induzido
5. Induzido
6. Coletor

Características fundamentais de diferenciação da nova geração de motores de partida é uma transmissão planetária, que é instalada adicionalmente entre a carcaça polar e o mancal de acionamento. A carcaça polar transmite o torque do induzido ao pinhão, isento de forças transversais. Ao passo que as engrenagens planetárias são fabricadas em aço, a cremalheira interna é fabricada de uma combinação de poliamida de alta qualidade com reforço de material mineral para aumento da resistência do material e desgaste.



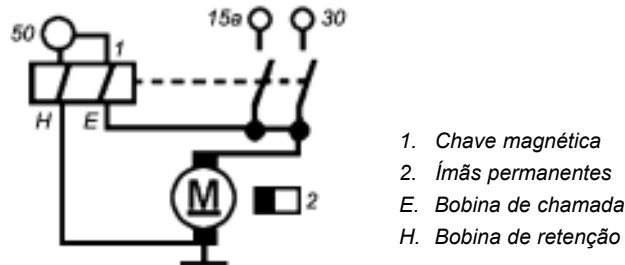
TIPO DW COM CAMPO MAGNÉTICO PERMANENTE

O motor de partida com transmissão intermediária do tipo DW com campo magnético permanente destina-se a automóveis com motores Otto até 5.0 litros ou com motores diesel até 1.6 litros. Este motor de partida oferece em comparação com os tipos convencionais, até então usados e sob as mesmas condições, até 40% menos peso e dimensões de instalação significativamente menores com potência de partida igual ou até mesmo mais elevada.



- | | |
|---------------------------|--|
| 1. Pinhão | 7. Induzido |
| 2. Cremalheira | 8. Coletor com escovas |
| 3. Roda livre | 9. Chave magnética com bobinas de chamada e retenção |
| 4. Alavanca de comando | 10. Chave de partida |
| 5. Transmissão planetária | 11. Bateria |
| 6. Ímã permanente | |

Como em todos os demais motores de partida com fuso de avanço e alavanca de comando, a chave magnética para atuação da alavanca de comando e ligação da corrente de partida está montada sobre o motor de partida, transmitindo o movimento de avanço do pinhão no eixo do induzido através da alavanca de comando. Todas as variantes do motor de partida tipo DW são equipadas com a mesma chave magnética.



• MECANISMO DE ENGRENAMENTO

O mecanismo de engrenamento com roda livre coincide em construção e funcionamento com a execução descrita para outros motores de partida, e é usado também para as outras variantes do mesmo tipo.

O modo de funcionamento do motor de partida com transmissão intermediária do tipo DW não se diferencia do modo de funcionamento de outros motores de partida com fuso de avanço e alavanca de comando. A descrição pode ser encontrada no item motores de partida com fuso de avanço e alavanca de comando sem transmissão intermediária. Somente as ligações elétricas diferenciam-se, uma vez que a bobina de campo, normalmente ligada em série, não existe. Na ligação do circuito de corrente do motor de partida, a corrente flui diretamente para escovas e induzido.

Como motor de partida, é usado um motor de corrente contínua com campo permanente. Ao invés dos eletroímãs (sapatas polares com bobinas de campo) na excitação são usados somente ímãs permanentes. Induzido e ímãs permanentes são diferentes no comprimento em função da potência de partida.

Esse tipo de motor torna possível reduzir em muito o volume do motor de partida e obter uma sensível redução no peso. Além disso, como no tipo EV, a alta rotação do motor é reduzida através de uma transmissão intermediária até a rotação adequada para partida, sendo simultaneamente obtido o elevado torque necessário para a partida.

MOTOR DE PARTIDA COM AVANÇO DO PINHÃO POR HASTE DESLIZANTE

Estes motores de partida são usados em motores de combustão de grande tamanho; trabalham com um mecanismo de engrenamento elétrico de dois estágios para menor esforço nos dentes do pinhão e do volante do motor. O primeiro estágio auxilia somente o engrenamento do pinhão do motor de partida. O motor de combustão, neste estágio ainda não é girado. Somente no segundo estágio são ligadas, pouco antes do final do curso de engrenamento do pinhão, as bobinas de campo e o induzido.

Motores de partida deste tipo destacam-se pelo fato de que a chave magnética juntamente com os outros componentes está disposta coaxialmente, isto é, na mesma direção do eixo. Motores de partida deste tipo são: KBIQB e TBITF.

TIPO KB/QB COM SISTEMA COMBINADO SÉRIE PARALELO

O induzido do motor de partida tem dois mancais: no lado do acionamento e no lado do coletor, e tem um eixo do induzido oco em toda a sua extensão, que no lado do mancal do acionamento tem a configuração de flange de arraste para a embreagem de lâminas.

O flange de arraste tem uma tampa na qual está instalado o mancal de deslizamento do induzido do motor de partida no lado do seu acionamento. No lado do coletor, o induzido do motor tem outro mancal de deslizamento. Do circuito interno, podemos ver que além da bobina série existe ainda uma bobina em paralelo, para excitação do campo. Esta bobina em paralelo nas diferentes execuções do motor de partida KB permanece basicamente ligada nos dois estágios de funcionamento do motor de partida. Nas demais execuções, a bobina em paralelo no primeiro estágio é ligada em série com o motor de partida para, através de limitação da corrente do induzido, colaborar para uma lenta rotação do induzido. No estágio principal, estará em paralelo com o motor de partida. Nos motores de partida tipo QB, usa-se adicionalmente uma bobina auxiliar para aumento do torque dos estágios iniciais de engrenamento do pinhão.

RELÉ DE ENGRENAMENTO E RELÉ DE COMANDO

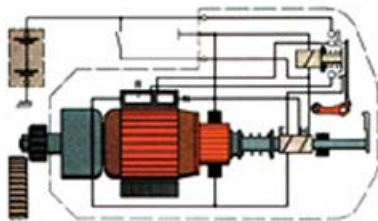
No mancal do coletor, estão instalados um relé de engrenamento para engrenamento do pinhão e um relé de comando para os dois estágios de ligação do motor de partida. Esta disposição torna necessário que o pinhão seja avançado através de uma haste que passa dentro do eixo oco do induzido. O relé de engrenamento tem ainda a função de liberar a ponte de contato do relé de comando através de ligação, alavanca de trava e placa de batente.

MECANISMO DE ENGRENAMENTO DO PINHÃO

O eixo da embreagem, no qual se encontra instalada a embreagem de lâminas, possui um mancal com rolamento de roletes no lado do acionamento e um rolamento de agulhas no eixo do induzido. O pinhão está ligado ao eixo da embreagem por meio de uma chaveta. O fluxo de força entre o induzido do motor de partida e o pinhão é feito, conforme a fase de trabalho em execução, através da já descrita embreagem de lâminas, ou interrompido por esta embreagem.

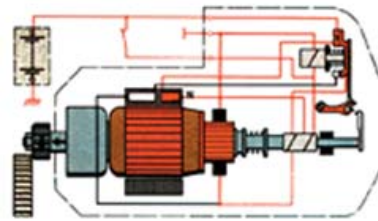
As figuras e a descrição do funcionamento no engrenamento e no desengrenamento referem-se ao tipo KB.

Posição de repouso



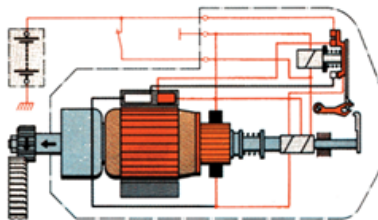
Motor de partida sem corrente. Mola do relé de comando mantém a ponte de contato na posição de repouso.

Estágio de ligação 1a: Dente coincide com dente



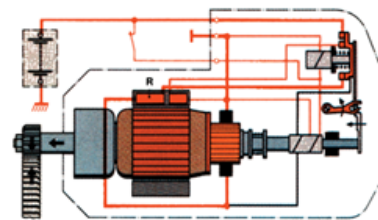
Chave de partida é acionada. O batente se apoia na alavanca de trava. Relé de comando, relé de engrenamento e bobina de campo auxiliar (N) recebem corrente. Pinhão avança mas não engrena: o eixo do motor deve antes girar.

Estágio de ligação 1b: Dente coincide com crena



Processo de ligação como no estágio 1a. Pinhão engrena na cremalheira. O induzido gira lentamente.

Estágio de ligação 2



Alavanca de trava é levantada pela alavanca de ligação. A ponte de contato liga imediatamente a bobina de campo principal (R). O motor de partida tem torque total. O motor do veículo é acionado.

ULTRAPASSE E DESENGRENAMENTO

Quando na partida do motor de combustão, a rotação do pinhão ultrapassa a rotação máxima sem carga do motor de partida, ocorre uma inversão na força. Por meio do fuso na embreagem de lâminas é interrompida a união mecânica entre o pinhão e o induzido do motor de partida, impedindo-se assim que o motor de partida seja acelerado até rotações muito elevadas.

O pinhão propriamente dito, porém, permanece ainda engrenado enquanto a chave de partida estiver atuada. Somente quando a chave de partida for solta e assim desligado o motor de partida, é interrompida a alimentação de corrente à bobina da retenção do relé de engrenamento. O relé de comando interrompe então o circuito da corrente principal, com o que o mecanismo de engrenamento juntamente com o pinhão é puxado novamente para sua posição de repouso, através de uma mola de retrocesso instalada no interior do eixo do induzido. O pinhão desengrena e retoma para sua posição de repouso. A mencionada mola de retrocesso tem também a função de manter o mecanismo de engrenamento do pinhão na posição de repouso apesar das vibrações provocadas pelo motor de combustão em funcionamento, até a próxima operação de partida. No desengrenamento também a alavanca de trava do relé de comando é novamente pressionada para a posição de travamento pela ação de uma mola, de modo que na próxima operação de partida temos novamente à disposição os dois estágios do motor de partida.

MANUTENÇÃO

Antes de executar qualquer serviço no motor de partida, é absolutamente necessário desligar o condutor massa da bateria a fim de evitar o perigo de curto-circuitos. Não colocar ferramentas sobre a bateria.

- **ESCOVAS**

Se o acesso às escovas for fácil, verificar periodicamente seu estado. Após retirar a tampa ou a cinta de proteção, afastar as molas de pressão das escovas com um gancho adequado (Não torcer as molas para o lado e não levantá-las mais que o necessário); verificar se as escovas deslizam livremente nas suas guias.

Tanto escovas como porta-escovas deverão estar livres de poeira, óleo ou graxa. Se estiverem sujos ou presos em suas guias, limpá-los com um pano limpo e que não solte fios (não usar estopa). Não usar lixa, lima ou faca para limpar as superfícies de contato das escovas. Usar ar comprimido para limpeza do porta-escovas.

Substituir as escovas quebradas, dessoldadas ou demasiadamente gastas quando a mola ou o condutor ameaçar encostar no porta-escovas. Observar que a mola assente corretamente na escova. Por ocasião de revisão geral do motor de partida, substituir as escovas. Tornear o coletor sempre que forem substituídas as escovas.

- **COLETOR**

O coletor deve apresentar uma superfície lisa e uniforme, isenta de óleo ou graxa. Coletores sujos devem ser limpos com um pano (não usar estopa). Coletores sulcados ou ovalados deverão ser torneados, rebaixado o isolamento entre as lâminas e novamente torneados (passe fino). Jamais retrabalhar um coletor com lixa ou lima.

- **LUBRIFICAÇÃO**

Os motores de partida com avanço por inércia e com furo de avanço possuem buchas autolubrificantes, dispensando lubrificação. Não usar substâncias dissolventes de graxa na limpeza destes mancais. No mancal do lado do coletor dos motores com induzido deslizante, é utilizada uma bucha autolubrificante. Os roletes do lado do pinhão possuem um ponto de lubrificação. A cada 25.000 a 50.000 km ou de 500 a 1.000 horas de trabalho, ou ainda uma vez por ano, adicionar o óleo recomendado, sem pressão, 40 a 50 pingos, cerca de 3 cm³. A lubrificação deve ser feita sempre que se desmontar o motor de combustão ou o motor de partida.

No mancal do lado do coletor dos motores de partida tipo T encontra-se um ponto de lubrificação (bujão) situado entre os bornes. No mínimo a cada seis meses, completar (sem pressão) com óleo recomendado.

Outras lubrificações são desnecessárias, à exceção dos motores com transmissão, nos quais deve-se observar o seguinte:

1. Após 3.000 operações de partida, 50.000 km ou 2.000 horas de serviço, lubrificar as engrenagens intermediárias, o pinhão e a cremalheira. As superfícies do eixo da transmissão, sobre as quais desliza o eixo do pinhão, também requerem lubrificação. Em condições extremas de funcionamento, com temperaturas elevadas (carcaça atingindo até 80°C) ou poeira excessiva, diminuir os intervalos entre lubrificações.
2. Estando o bujão do canal de lubrificação todo atarraxado, o feltro lubrificador do mancal intermediário deverá exercer pressão sobre o eixo, por ação da mola. Com o eixo removido e o bujão todo atarraxado, o feltro deverá sobressair pelo furo da bucha aproximadamente a 5 a 10 mm. Na colocação do eixo, observar para não prender ou mesmo cortar o feltro (retirar o bujão e fazer recuar o feltro).
3. O feltro montado no mancal de acionamento, assim como os feltros do mancal de acionamento e do mancal intermediário dos motores com transmissão intermediária devem, ao serem removidos os eixos, penetrar tangencialmente pelo menos 1,5mm na bucha. Na montagem do eixo, cuidar para não prender ou cortar o feltro.

Observando-se as recomendações dos itens 2 e 3, não há perigo de emperramento (ou trabalho em seco) do eixo da transmissão. Em casos de substituição, os feltros de lubrificação novos devem permanecer imersos em óleo por 24 horas.

ELIMINAÇÃO DE DEFEITOS

Muitas falhas atribuídas ao motor de partida, bateria, relés, fiação, contatos ou ligação à massa podem estar na ignição ou na alimentação de combustível, etc.

A orientação para eliminação de defeitos que damos a seguir abrange apenas a instalação de partida.

INCONVENIENTES	CAUSAS
Chave magnética não liga.	<ul style="list-style-type: none"> • Chave de partida danificada. • Conexões entre chave de partida e solenóide interrompidos. • Chave magnética danificada.
O induzido gira mas o pinhão não engrena (faz barulho).	<ul style="list-style-type: none"> • Eixo do pinhão empastado. • Pinhão ou cremalheira com dentes danificados ou com rebarbas.
O pinhão engrena, o induzido gira, mas o volante não.	<ul style="list-style-type: none"> • Embreagem (roda livre) do pinhão patina.
Motor de partida continua girando após desligar a chave de partida.	<ul style="list-style-type: none"> • Chave de partida não desliga. • Chave magnética em curto.
Pinhão não desengrena após a partida.	<ul style="list-style-type: none"> • Mola de retrocesso fraca ou quebrada. • Pinhão empastado.
Motor de partida funciona normalmente, mas faz barulho ao desengrenar.	<ul style="list-style-type: none"> • Roda livre do pinhão emperrada.

LEITURA E INTERPRETAÇÃO DE ESQUEMAS ELÉTRICOS

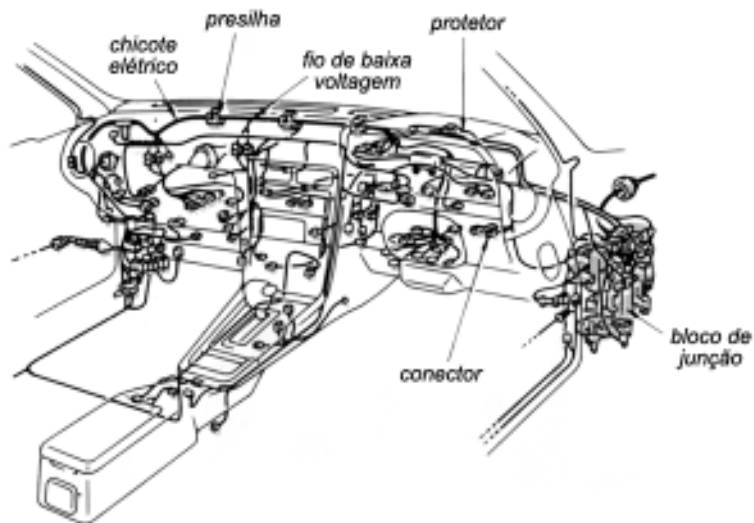
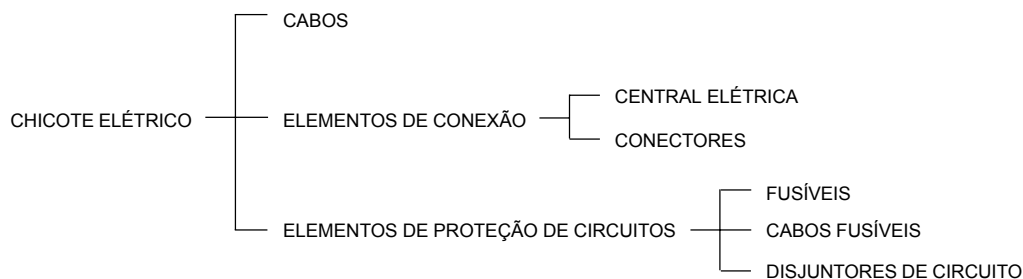
COMPONENTES DO SISTEMA ELÉTRICO

Neste capítulo, trataremos dos componentes do sistema elétrico de um veículo e da interpretação dos esquemas elétricos. Esse estudo servirá como base para entendimento dos circuitos elétricos, assunto principal dessa apostila.

Os componentes do sistema elétrico de um veículo são peças instaladas principalmente em sua carroceria.

CHICOTE ELÉTRICO

Serve para fazer a conexão entre os demais componentes do sistema elétrico. Consiste de um conjunto de cabos, fios, elementos de conexão, elementos de proteção de circuitos, etc. Isolados individualmente, os fios são agrupados para facilitar a conexão entre os componentes do veículo.



CIRCUITOS ELÉTRICOS VEICULARES

Os veículos atualmente possuem um número muito elevado de componentes elétricos. Para facilitar o estudo, o sistema elétrico é dividido em partes: sistema de sinalização, iluminação e conveniência do veículo.

Os principais circuitos são:

- Circuito de ignição;
- Luz de alerta da pressão do óleo;
- Luz de marcha à ré;
- Luz de freio;
- Buzina;
- Lanternas;
- Faróis;
- Sinalizador de direção e emergência;
- Painel de instrumentos;
- Medidor de combustível;
- Medidor de temperatura da água;
- Acionamento elétrico para arrefecimento do motor;
- Limpador e lavadores de pára-brisa;
- Travamento das portas;
- Acionamento elétrico dos vidros.

Todos esses circuitos serão estudados separadamente, mas no veículo terão funcionamento simultâneo e independente.

O sistema elétrico veicular recebe tensão por linhas de alimentação. As linhas principais são representadas por números que indicam a origem da alimentação que o componente estará recebendo. Algumas montadoras não utilizam esta representação.

As identificações das principais linhas são:

Linha 30 - alimentação positiva direto da bateria

Linha 15 - alimentação positiva da ignição

Linha 31 - alimentação negativa (massa)

Linha 50 - alimentação positiva para o motor de partida

Linha X - alimentação positiva para os acessórios

Geralmente os terminais dos componentes são identificados com esses números para facilitar os testes. Além disso, a maioria dos elementos de conexão não possibilita a montagem errada.

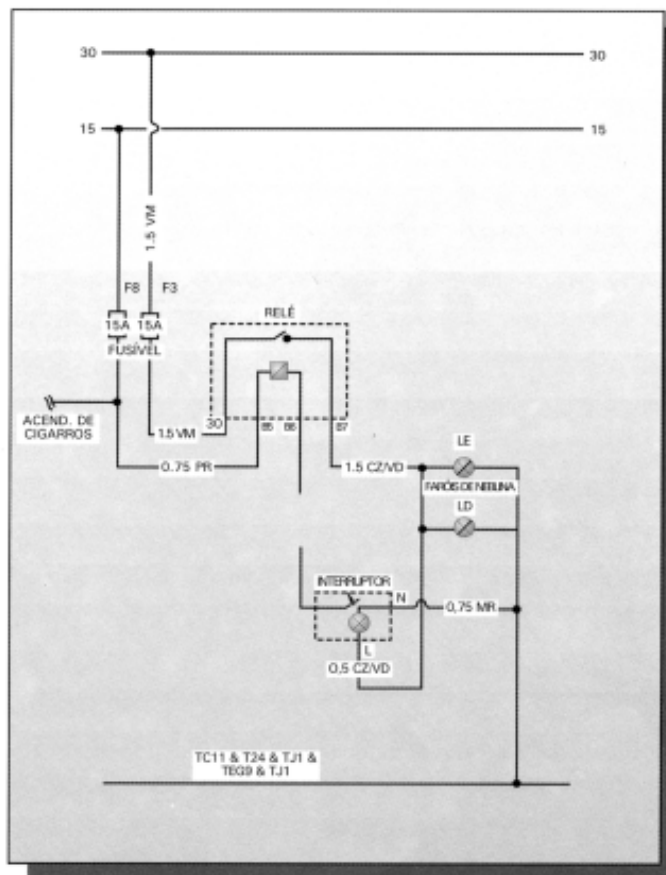
NOÇÕES BÁSICAS DE ESQUEMAS ELÉTRICOS

Os diagramas elétricos têm por finalidade representar claramente os circuitos elétricos sob vários aspectos, de acordo com os objetivos:

1. funcionamento seqüencial dos elementos, suas funções e as interligações conforme as normas estabelecidas;
2. representação dos elementos, suas funções e as interligações conforme as normas estabelecidas;
3. permitir uma visão analítica das partes ou do conjunto;
4. permitir a rápida localização física dos elementos.

Para a interpretação dos circuitos elétricos, três aspectos básicos são importantes:

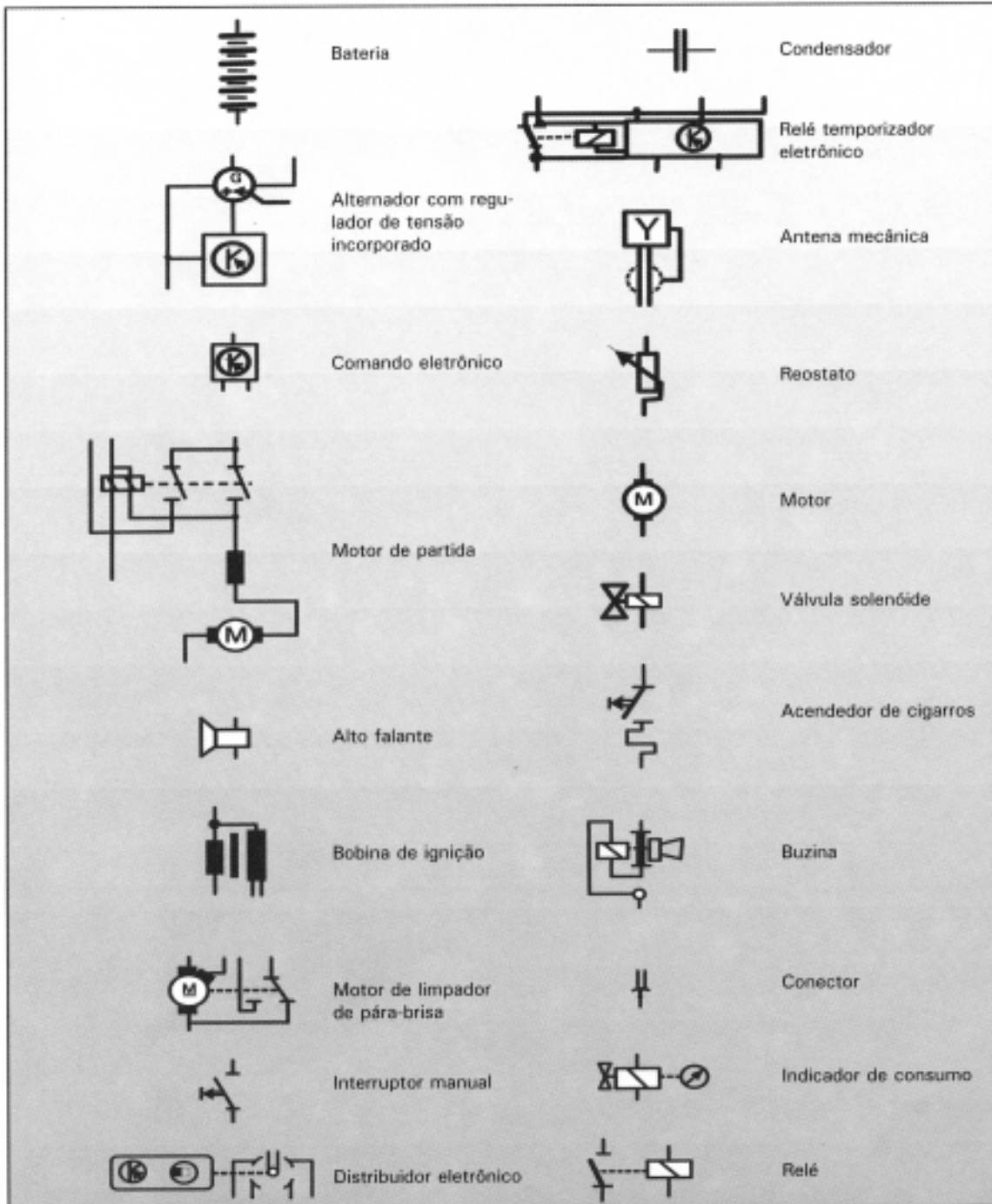
- os caminhos da corrente ou os circuitos que se estabelecem desde o início até o fim do processo de funcionamento;
- a função de cada elemento no conjunto, sua dependência e independência em relação a outro elemento;
- a localização física dos elementos.

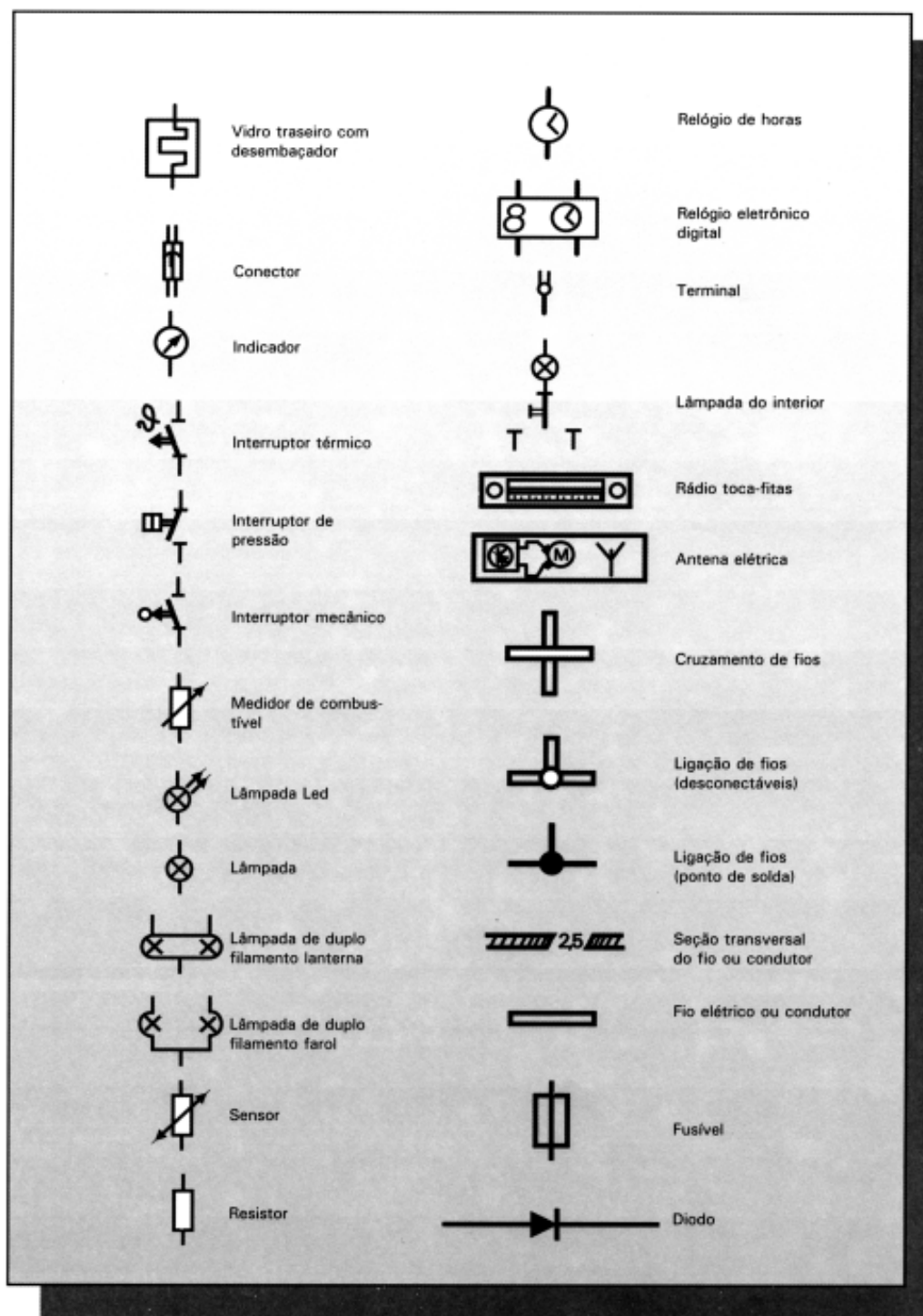


SÍMBOLOS UTILIZADOS NOS ESQUEMAS ELÉTRICOS

Nos esquemas elétricos aparecem vários símbolos que representam componentes que fazem parte dos mesmos.

Apresentamos à seguir a simbologia usada em nossos esquemas, para facilitar seu trabalho, quando da consulta do Manual de Reparações.





SÍMBOLOS PARA IDENTIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS E CONTROLE (PAINEL)

No painel de instrumentos, bem como nas teclas de acionamento, existem símbolos para identificar o componente que está sendo usado ou para ajeitar sobre eventuais problemas.



CIRCUITO COMUTADOR DE IGNIÇÃO

O circuito comutador de ignição é um dos mais importantes no veículo, pois comanda o funcionamento do sistema de ignição/injeção, motor de partida, e outros circuitos do veículo.

É composto por um interruptor rotativo conhecido como comutador de ignição, que está acoplado à chave do veículo.

O comutador de ignição recebe alimentação diretamente da bateria (linha 30) e disponibiliza para três saídas de alimentação, conforma a posição da chave. Internamente, o comutador de ignição é constituído de contatos metálicos que dependendo do estágio selecionado, alimentará o contato que estiver fechado.



Basicamente, as três saídas de alimentação são:

- **Ignição (linha 15)** - Esta saída alimentará o sistema de ignição, injeção e alguns componentes que dependem desta alimentação para funcionar. Esta é uma das principais alimentações no sistema elétrico do veículo e será acionada em dois estágios do comutador.
- **Acessórios** - Essa alimentação é utilizada para alguns sistemas que consomem muita corrente da bateria. Neste caso, a alimentação ocorre somente em um estágio e é desligada quando o motor de partida for acionado. Em alguns veículos esta saída comanda o funcionamento do relé de acessórios.

- **Motor de partida (linha 50)** - é uma alimentação acionada no último estágio do comutador de ignição, serve para acionar o motor de partida. Em alguns veículos, esta saída comanda o funcionamento do relé de partida.



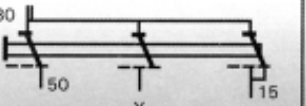
Esquematisando, teríamos as três saídas de alimentação com os respectivos estágios como é mostrado a seguir.

	IGNIÇÃO	ACESSÓRIOS	MOTOR DE PARTIDA
1º ESTÁGIO	DESLIGADO	DESLIGADO	DESLIGADO
2º ESTÁGIO	LIGADO	LIGADO	DESLIGADO
3º ESTÁGIO	LIGADO	DESLIGADO	LIGADO

SEM O COMUTADOR DE ACESSÓRIOS (LINHA X)

Posição da chave	Direção (volante)	Linhas alimentadas	Circuitos alimentados
	Travada	-	-
	Destravada	15	Ignição
	Destravada	15 e 50	Ignição e partida

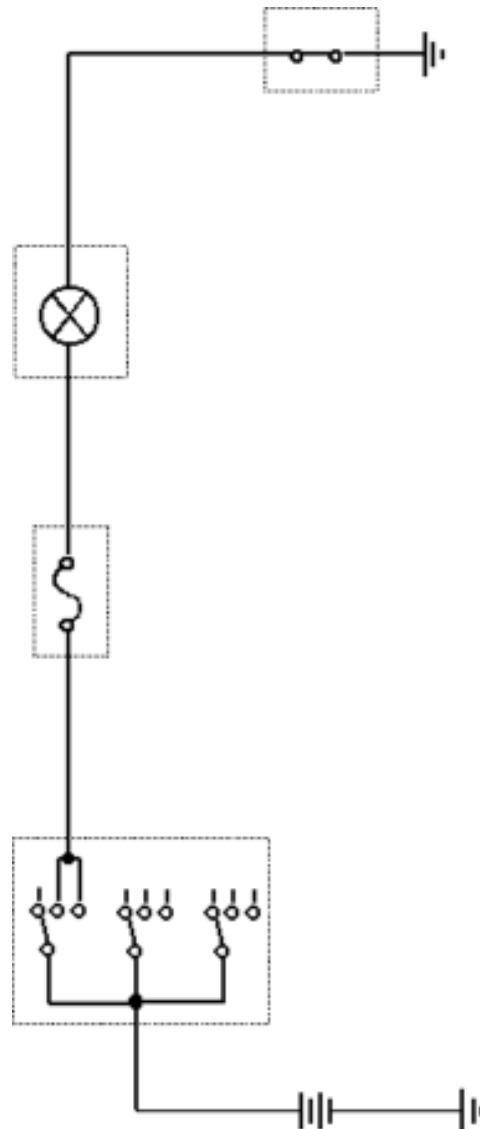
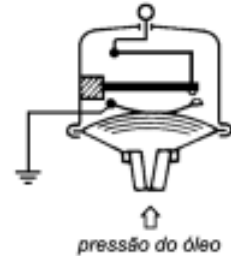
COM O COMUTADOR DE ACESSÓRIOS (LINHA X)

Posição da chave	Direção (volante)	Linhas alimentadas	Circuitos alimentados
	Travada	-	-
	Destravada	15 e X	Ignição e acessórios
	Destravada	15 e 50	Ignição e partida

LUZ DE ALERTA DA PRESSÃO DE ÓLEO

A luz de alerta da pressão do óleo tem como função alertar o motorista em caso de lubrificação anormal (falta de pressão no sistema de lubrificação do motor). Este circuito é composto de um interruptor de pressão do óleo, que está montado no bloco ou no cabeçote do motor e detecta se há pressão sistema de lubrificação do motor, e uma lâmpada que acenderá nos casos de falta de pressão no sistema. Este circuito recebe alimentação do comutador de ignição (linha 15).

Quando o motor está desligado ou a pressão do sistema de lubrificação diminui, os contatos dentro do interruptor de pressão de óleo se fecham, causando o acendimento da luz de alerta. Quando o motor é acionado e a pressão sistema de lubrificação supera um determinado valor, o diafragma dentro do interruptor de pressão é pressionado, causando a abertura dos contatos e o desligamento da luz de alerta.

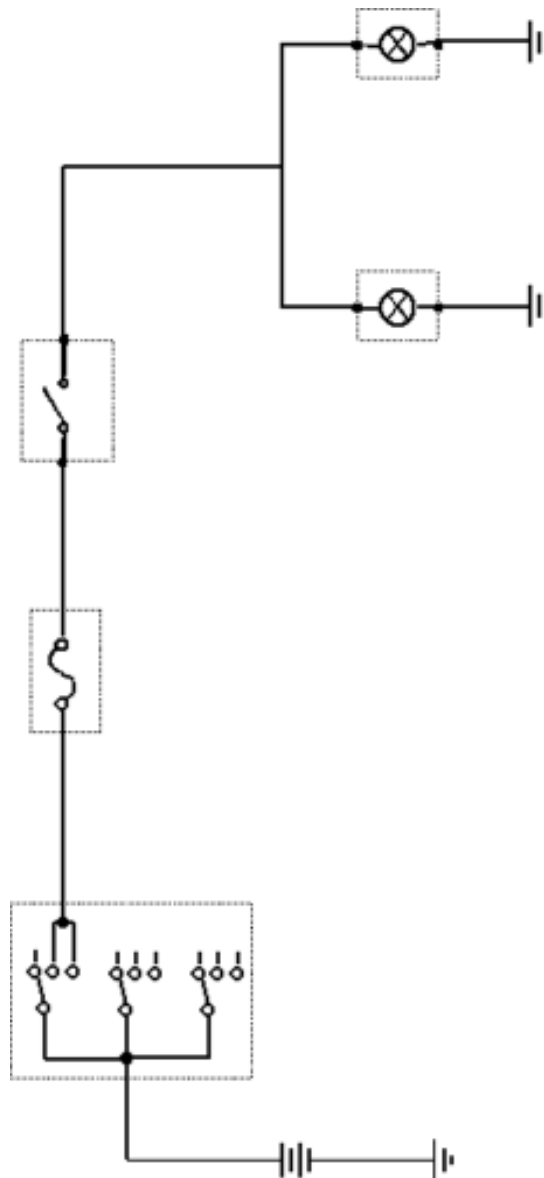


LUZ DE MARCHA À RÉ

São instaladas na extremidade traseira do veículo e fornecem iluminação extra para que o motorista tenha visão traseira, quando o veículo estiver dirigindo em marcha a ré além de sinalizar aos outros motoristas que o veículo está sendo manobrado

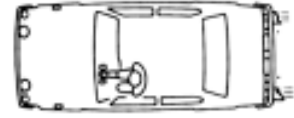


O circuito é composto por um interruptor e uma ou duas lâmpadas na traseira que funcionam apenas quando o comutador de ignição estiver ligado. A localização do interruptor muda de acordo com o tipo de transmissão utilizada. Se o veículo estiver equipado com transmissão mecânica, o interruptor é localizado na própria transmissão. Se estiver equipado com uma transmissão automática, ele é localizado na própria alavanca de acionamento das marchas. Quando o motorista engatar a marcha à ré, com a chave de ignição ligada, é acionado o interruptor que permite a passagem de corrente até as lâmpadas.

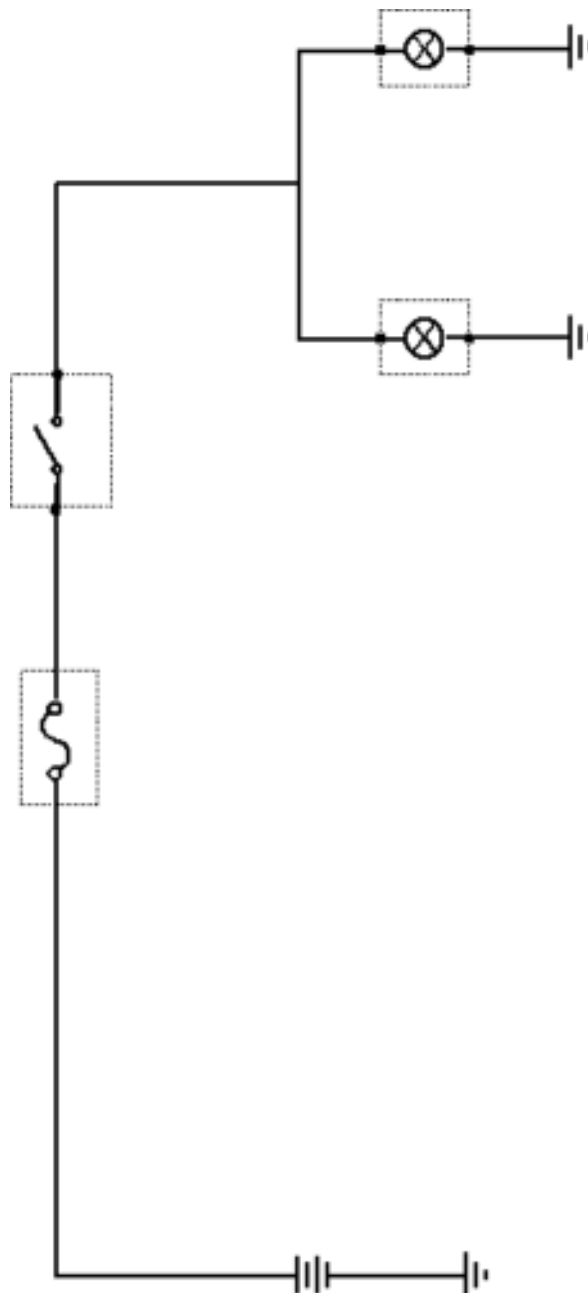


LUZ DE FREIO

As luzes de freio são instaladas na extremidade traseira do veículo para evitar as colisões. Elas indicam ao motorista que está trafegando atrás que veículo está sendo freado. O circuito possui um interruptor no pedal de freio que aciona as lâmpadas na traseira.



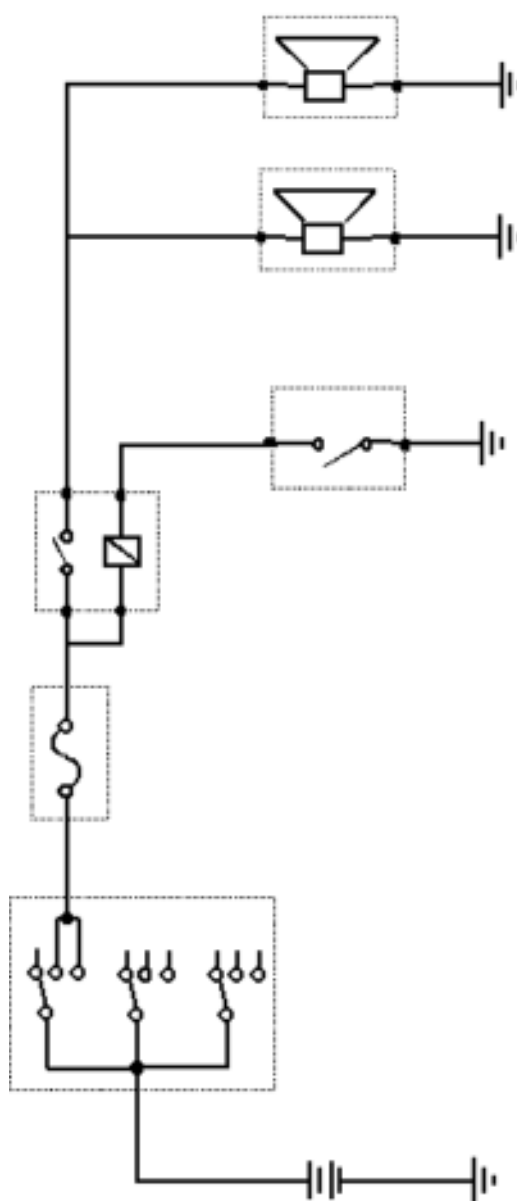
Alguns veículos possuem uma lâmpada de freio elevada (*brake light*) que auxilia na visualização; ela é ligada em paralelo às lâmpadas de freio.



BUZINA

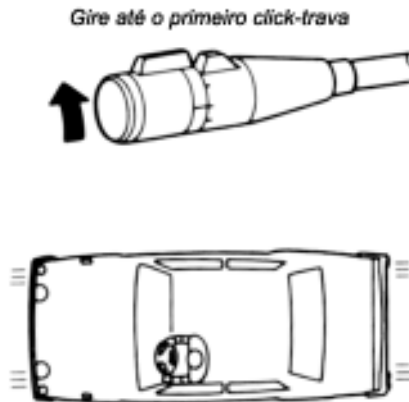
Este circuito tem como função emitir um sinal sonoro para alertar pedestres ou a outros motoristas a presença do veículo. A buzina é acionada pelo motorista, por intermédio de um botão localizado no volante ou na alavanca de seta. Este sistema é composto pelo botão, relé, e a buzina.

A bobina de comando do relé recebe alimentação positiva, diretamente da bateria (linha 30) ou via chave de ignição (linha 15). A alimentação negativa vem do botão da buzina que ao ser acionado possibilita a circulação de corrente pela bobina de comando acionando a linha de trabalho, que por sua vez alimenta a buzina através do fusível.



LANTERNAS DIANTEIRAS E TRASEIRAS

São luzes de pouca intensidade, para indicar a presença e a largura de um veículo à noite.

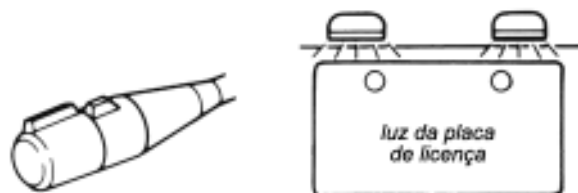


O acionamento das lanternas é feito pelo interruptor das luzes, que é comum para dois circuitos, o circuito das lanternas e dos faróis, este interruptor possui três estágios, no primeiro estágio, os circuitos não recebem alimentação, no segundo estágio, ele aciona as lanternas, e no terceiro estágio, as lanternas permanecem alimentadas e os faróis também recebem alimentação.

	LANTERNAS	FARÓIS
1º ESTÁGIO	DESLIGADO	DESLIGADO
2º ESTÁGIO	LIGADO	DESLIGADO
3º ESTÁGIO	LIGADO	LIGADO

LUZES DA PLACA DE LICENÇA

Iluminam a placa de licença traseira. Esta lâmpada acende junto com as lanternas traseiras.



LUZES DO PAINEL DE INSTRUMENTOS

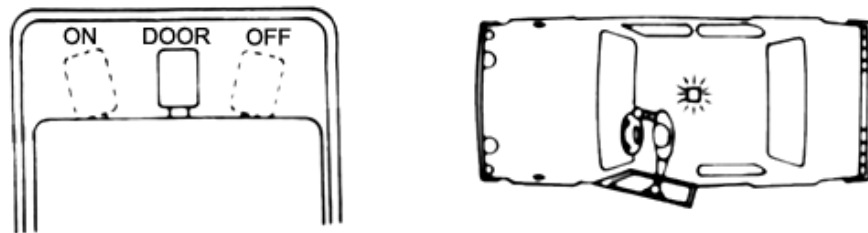
São usadas para iluminar os medidores do painel de instrumentos à noite, de modo que o motorista possa rápida e facilmente observar os valores dos medidores enquanto estiver dirigindo. Estas luzes acendem junto com as lanternas traseiras e dianteiras.

Alguns modelos são equipados com reostato de controle de luzes que permite ao motorista controlar a intensidade das luzes do painel de instrumentos.

ILUMINAÇÃO INTERNA

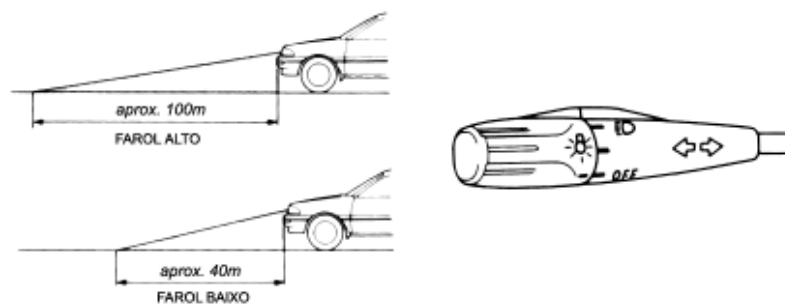
Ilumina o interior do compartimento de passageiros, mas é projetada de modo que não ofusque o motorista à noite.

Geralmente a lâmpada fica localizada no centro do compartimento de passageiros, para uma iluminação interna uniforme e é integrada ao interruptor. Este interruptor possui três posições: ON, DOOR e OFF. Para facilitar a entrada e a saída à noite, a lâmpada interna pode ser ajustada de modo a acender somente quando uma ou mais portas forem abertas. Isto é obtido posicionando-se o interruptor em DOOR.



FARÓIS

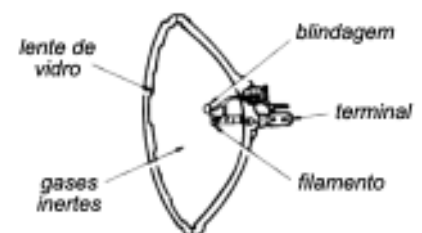
O sistema dos faróis foi projetado para iluminar a pista à frente do veículo. Geralmente há os faróis altos e faróis baixos, cuja comutação é executada por um interruptor. O funcionamento deste interruptor depende do sinal proveniente das lanternas, pois se elas não estiverem ligadas não há o acionamento dos faróis.



Dois tipos de faróis são usados em veículos:

- **FARÓIS SEALED-BEAM**

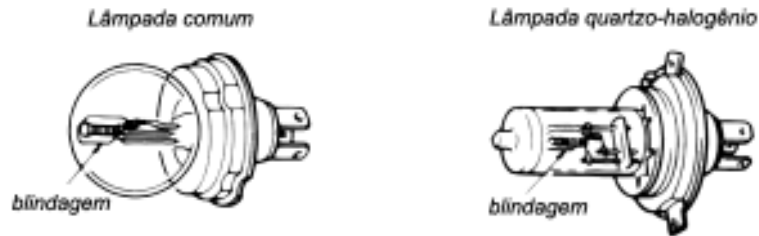
No farol blindado, não há lâmpada separada. O conjunto é formado por um filamento lâmpada que é instalado na frente de um espelho refletor, onde a lente é soldada.



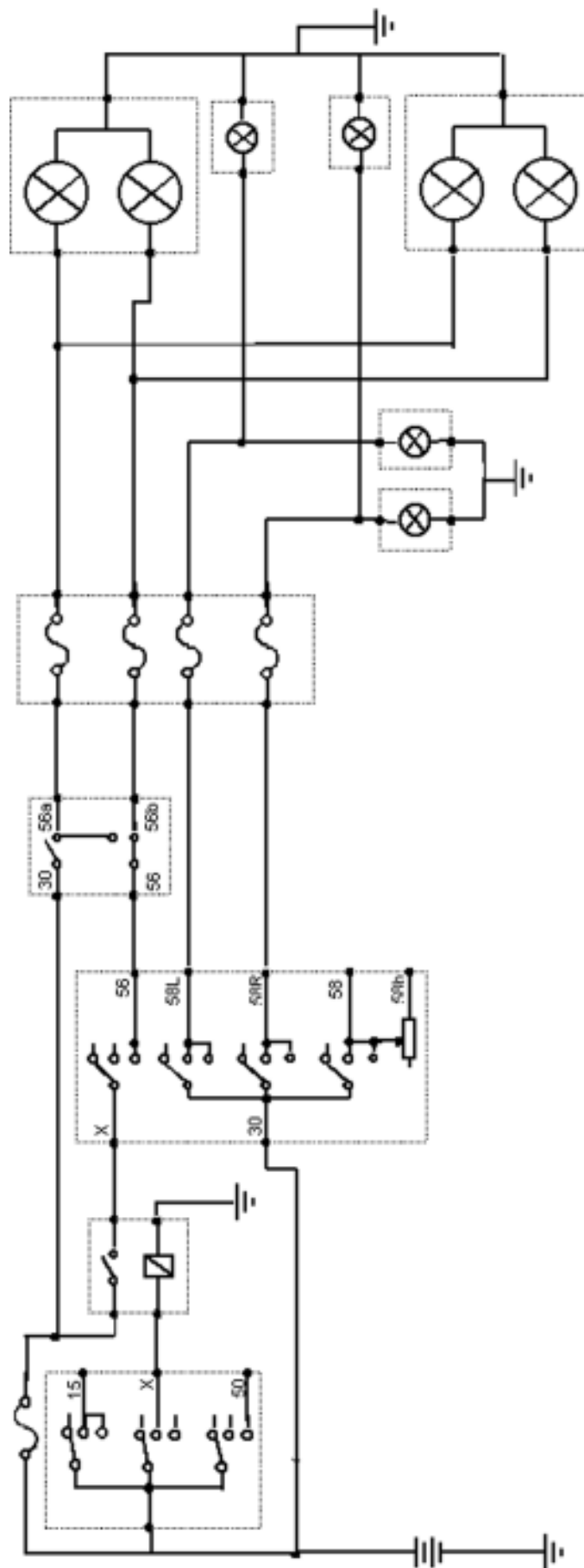
- **FARÓIS SEMI-SELADOS**

A diferença entre este tipo e o tipo *sealed-beam* é que nesse caso, a lâmpada é um componente separado. Uma vez que a lâmpada pode ser substituída com facilidade, não é necessário substituir o conjunto do farol quando um filamento queimar. Além disso, quando a lâmpada é substituída não há alteração (sentido e ângulo) na iluminação.

As lâmpadas para faróis semi-selados são disponíveis nos seguintes tipos:



O acionamento dos faróis é feito pelo mesmo interruptor que aciona as lanternas, só que num terceiro estágio. Nesse estágio é possível somente selecionar o acionamento dos faróis, este sinal é enviado para o comutador dos faróis que possibilita a seleção do farol alto ou baixo. Esta alavanca possui ainda uma função de lampejador que permite ao motorista acender o farol alto por alguns instantes.

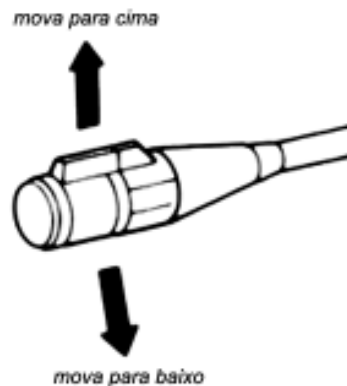


SINALIZADORES DE DIREÇÃO DE EMERGÊNCIA

O sinalizador de direção (setas) faz com que as luzes de seta pisquem em intervalos fixos quando o interruptor de seta é virado para a direita ou para esquerda. Quando se aciona o interruptor da luz de emergência (pisca alerta), o sistema faz piscar todas as lâmpadas dos sinalizadores de direção. Se queimar uma ou mais lâmpadas dos sistemas, o intervalo de tempo do pisca-pisca se torna mais curto, informando ao motorista que há problema. Este sistema é composto por:

- **INTERRUPTOR DO SINALIZADOR DE DIREÇÃO**

O interruptor do sinalizador de direção está incorporado do interruptor combinado. Virando-o para direita ou para esquerda, faz piscar a lâmpada correspondente.



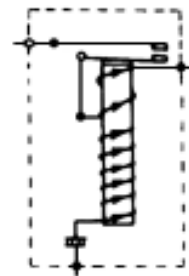
- **INTERRUPTOR DA LUZ DE EMERGÊNCIA**

Quando é ligado o interruptor da luz de emergência, ele faz piscar todas as luzes dos sinalizadores de direção.



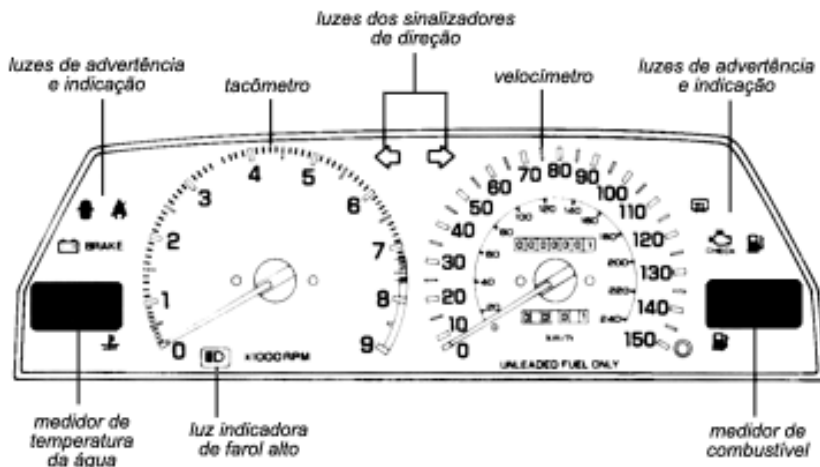
RELÉ DE SETA

O relé faz as lâmpadas do sinalizador de direção acenderem por períodos predeterminados. O mesmo relé é usado em comum para o sinalizador de direção e para luz de emergência. Quando o interruptor do sinalizador de direção é virado para direita ou para esquerda, com a chave de ignição ligada, os contatos do relé ligam e desligam repetidamente devido a carga e descarga dos capacitores através da bobina de comando do relé.



PAINEL DE INSTRUMENTOS

Os instrumentos estão dispostos no painel à frente do motorista para que este possa ter facilmente o controle da situação do veículo. O painel de instrumentos usa indicadores do tipo medidor e indicador luminoso.



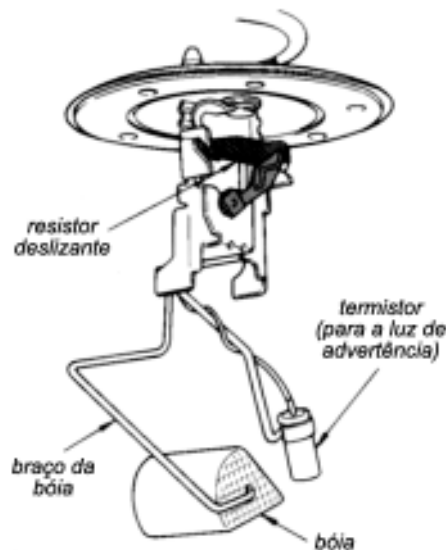
Os indicadores do tipo medidor que servem para dar uma informação detalhada do *status* a cada momento geralmente dos seguintes elementos:

- **VELOCÍMETRO** - Integrado pelo indicador de velocidade do veículo, o odômetro que indica distância percorrida pelo veículo na sua vida útil e o odômetro parcial que pode ser zerado quando desejar.
- **TACÔMETRO** - Indica a rotação do motor em RPM (rotações por minuto)
- **VOLTÍMETRO** - Indica a tensão da bateria ou da saída do alternador.
- **INDICADOR DE COMBUSTÍVEL** - Indica o nível de combustível no tanque.
- **MEDIDOR DE TEMPERATURA DA ÁGUA** - Indica a temperatura da água de arrefecimento do motor. Os indicadores luminosos para indicação de ultrapassagem de níveis, indicação de funcionamento de partes elétricas e indicação de anormalidades consistem das seguintes luzes:
 - **Luz de advertência de pressão do óleo** - Indica se a pressão do óleo do motor está normal.
 - **Luz de advertência de carga da bateria** - Indica se o sistema de carga está funcionando normalmente
 - **Indicador de farol alto** - Indica que os faróis altos estão ativados.
 - **Indicador do sinalizador de direção** - Indica que os sinalizadores de direção direita ou esquerda estão piscando.

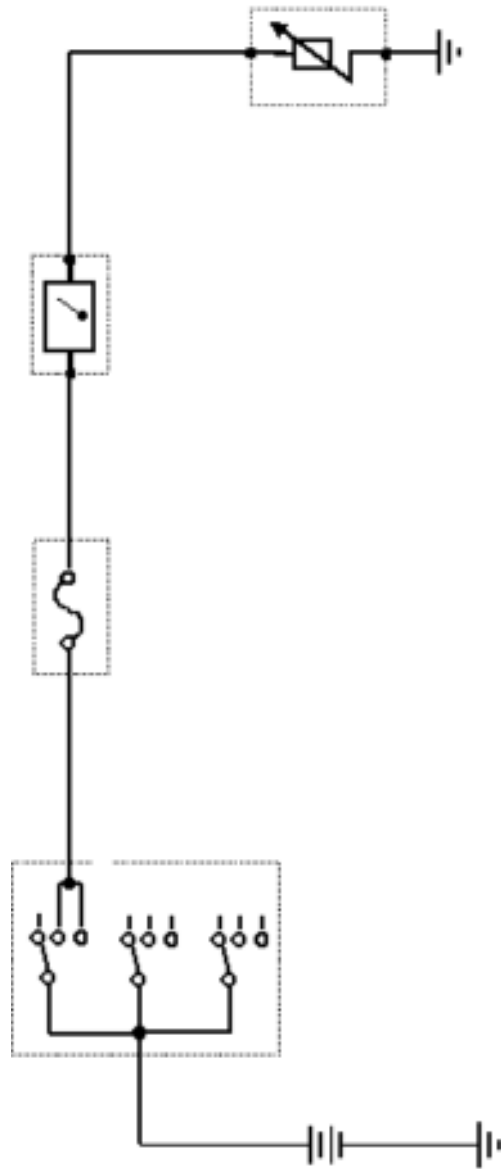
- **Luzes de emergência** - Indica que os sinalizadores de direção direita e esquerda estão piscando.
- **Luz de advertência de combustível** - Indica que o combustível restante no tanque é insuficiente.
- **Luz de advertência do freio** - Indica que o freio de estacionamento está acionado ou que o fluido é insuficiente.
- **Indicador de porta** - Indica que a porta não está bem fechada.

MEDIDOR DE COMBUSTÍVEL

O medidor de combustível indica a quantidade de combustível que resta no tanque. É composto por um indicador, localizado no painel de instrumentos, uma bóia com resistor deslizante, localizado no tanque de combustível.

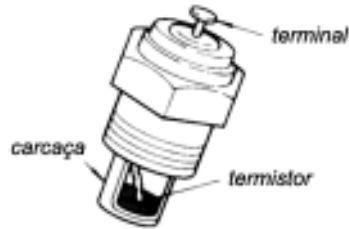


Quando a chave de ignição é ligada, a corrente flui através do regulador de tensão, alimentando o indicador de combustível. Esta corrente varia conforme o valor de resistência determinado pela posição da bóia. Portanto, alterando a quantidade de combustível no tanque, a bóia muda de posição e conseqüentemente o valor de resistência é alterado. Quando o tanque está cheio, o valor de resistência é baixo, com isso a corrente é alta, fazendo com que haja maior movimentação do indicador. Conforme abaixa o nível de combustível, o valor da resistência se torna maior e a corrente se torna menor provocando assim, uma movimentação menor do indicador. Se o nível de combustível abaixar muito ocorrerá o acendimento da luz da reserva, indicando que o combustível está próximo de acabar.

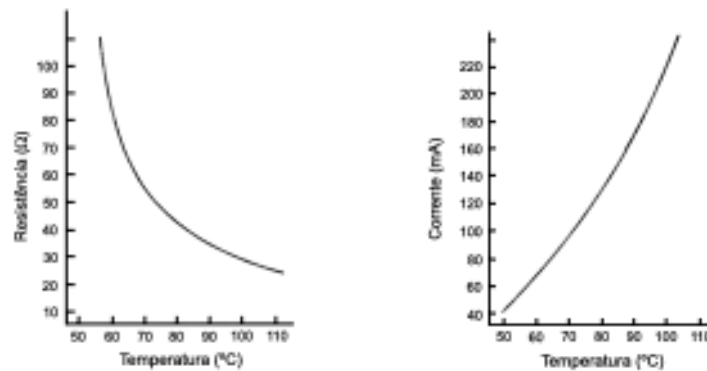


MEDIDOR DE TEMPERATURA DA ÁGUA

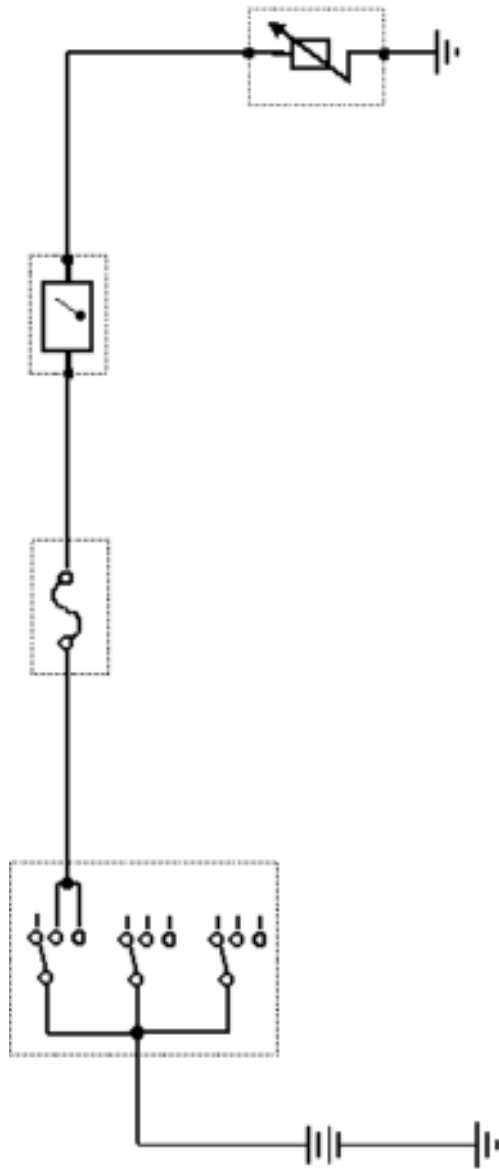
O medidor de temperatura da água indica a temperatura da água de arrefecimento do motor. O circuito é composto por um indicador, localizado no painel de instrumentos, e um termistor.



O termistor é um tipo de semicondutor, sua resistência varia de acordo com a temperatura a qual ele é exposto. Ele funciona ao contrário dos resistores comuns, ou seja, conforme a temperatura aumenta, sua resistência diminui, e conforme sua temperatura cai, sua resistência aumenta, como observamos nos gráficos a seguir.

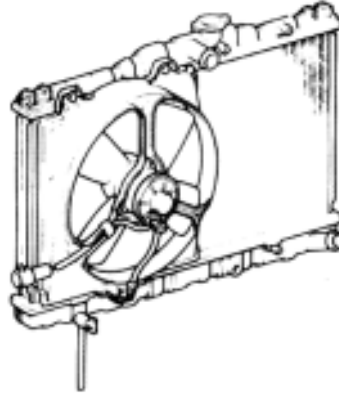


O funcionamento do medidor de temperatura, é igual ao do marcador de combustível, a principal diferença é que a resistência é variada pelo termistor, fazendo com que haja a movimentação do indicador.



ACIONAMENTO ELÉTRICO PARA ARREFECIMENTO DO MOTOR

Alguns veículos utilizam um motor elétrico para resfriar o radiador do motor, que é comandado por um interruptor térmico, localizado no radiador. Este sistema é muito utilizado devido a grande eficiência de resfriamento, além de emitir pouco ruído.



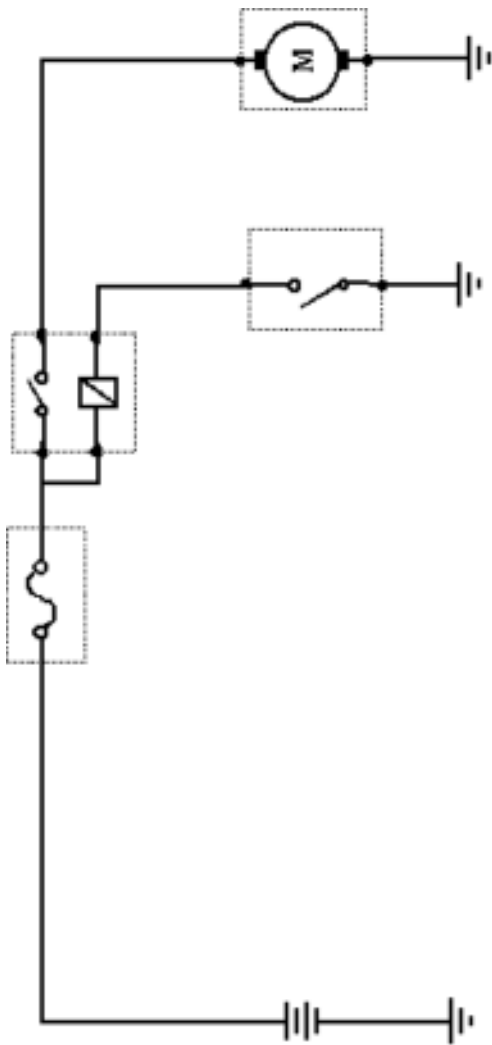
O circuito de acionamento é comandado por um interruptor térmico, que funciona através de uma lâmina bimetálica. Ao sofrer aquecimento (determinado pelo fabricante) fecha o contato e alimenta o motor elétrico do ventilador, que por sua vez permanece ligado até a queda de temperatura do radiador. Quando a temperatura diminuir os contatos do interruptor térmico abrem e interrompe a alimentação do motor elétrico.

Alguns circuitos são comandados por relés normalmente fechados, que são comandados pelo interruptor térmico, também normalmente fechado.

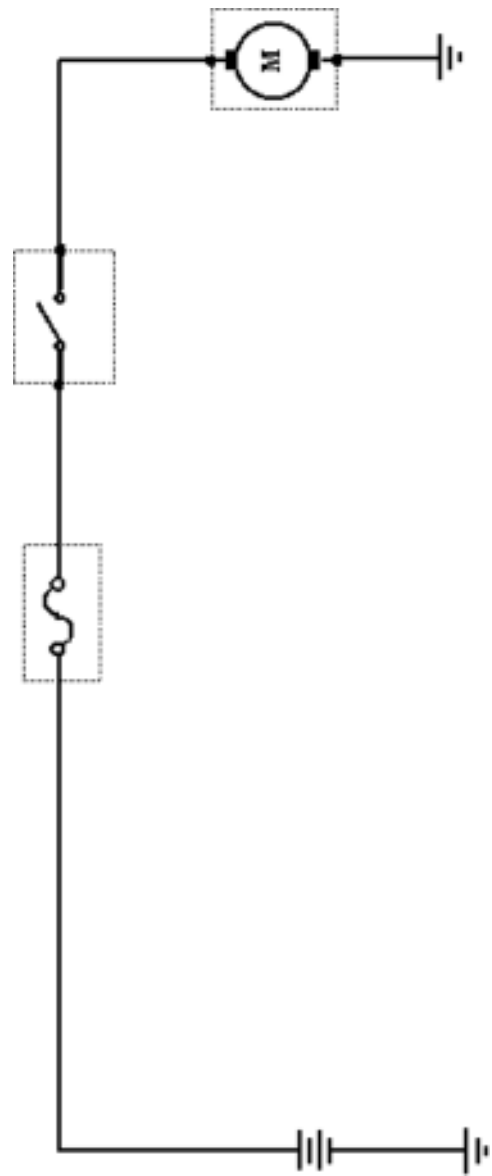
Este circuito funciona de acordo com o aquecimento do radiador. Quando o radiador está frio, a lâmina bimetálica está com seus contatos fechados, alimentando a linha de comando do relé, que abre os contatos da linha de trabalho, desligando o motor elétrico do ventilador.

Ao ocorrer o aquecimento do radiador (determinado pelo fabricante) os contatos do interruptor térmico abrem, fechando os contatos da linha de trabalho do relé, permitindo a alimentação elétrica do motor do ventilador. Quando houver a queda da temperatura, os contatos do interruptor térmico se fecham e o motor elétrico do ventilador é desligado.

MOTOR ELÉTRICO COM RELÉ



MOTOR ELÉTRICO SEM RELÉ

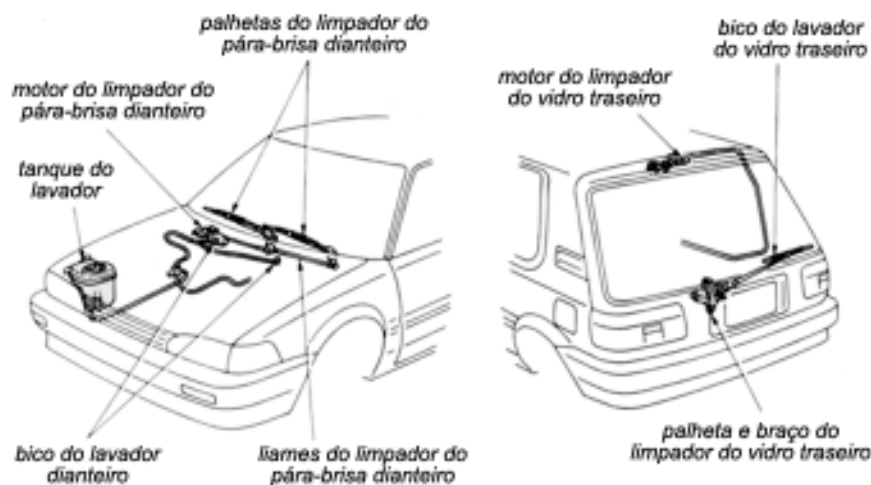


DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA

LIMPADOR E LAVADORES DE PÁRA-BRISAS

São dispositivos importantes relacionados a segurança, são instalados para garantir que a visão do motorista não seja obstruída. Os limpadores são normalmente usados com os lavadores e podem ser instalados tanto na dianteira como na traseira do veículo. Os principais componentes deste sistema são:

- Interruptor de acionamento
- Motor do limpador
- Hastes do limpador
- Palhetas do limpador
- Reservatório do limpador
- Motor do lavador
- Bico do lavador



• INTERRUPTOR DE ACIONAMENTO

Está localizado na coluna de direção, ao lado do sinalizador de direção, e através dele, podemos selecionar o funcionamento do limpador e lavador do pára-brisas, ele pode desempenhar as seguintes funções:

- Controla a velocidade do motor do limpador
- Controla o funcionamento intermitente do limpador de pára-brisas
- Controla o funcionamento dos lavadores de pára-brisa

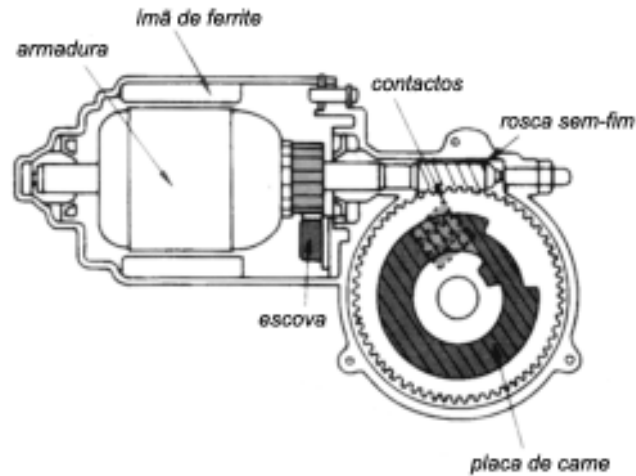
Na posição intermitente, alguns veículos possuem algumas diferenças como:

- **Controle de tempo:** nestes veículos o tempo de intermitência é controlado pelo motorista.
- **Sensor de chuva:** quando o interruptor é colocado nesta posição, toda vez que o pára-brisa é molhado, um sensor capta a presença de água no pára-brisa e aciona automaticamente os limpadores.

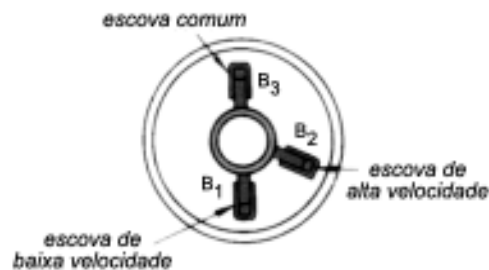
Em alguns veículos o interruptor do limpador traseiro é separado do interruptor do limpador de pára-brisas.

• MOTOR DO LIMPADOR

É utilizado um motor do tipo de ímã permanente, acoplado a um conjunto redutor que reduz a rotação de saída. No conjunto redutor está incorporada uma chave de came, que permite que o limpador pare sempre na mesma posição quando desligado, também freia o motor eletricamente para impedir que ele continue a girar pela ação da inércia.

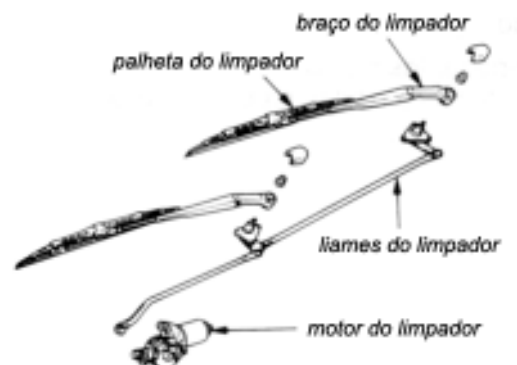


O motor utiliza três escovas; de baixa velocidade, de alta velocidade e a escova negativa. Dependendo da velocidade selecionada, no interruptor de acionamento, a corrente circulará pelas escovas que determinarão a velocidade de funcionamento do limpador.



• HASTES DO LIMPADOR

É o mecanismo responsável pela movimentação das palhetas, convertem o movimento de rotação do motor elétrico em movimento oscilante das palhetas.



- **PALHETAS DO LIMPADOR**

Consiste de uma palheta de borracha que limpa a superfície do pára-brisas, está ligada a um braço, que através de uma mola, há mantém com uma pressão contra a superfície do pára-brisas, melhorando a eficiência do conjunto.



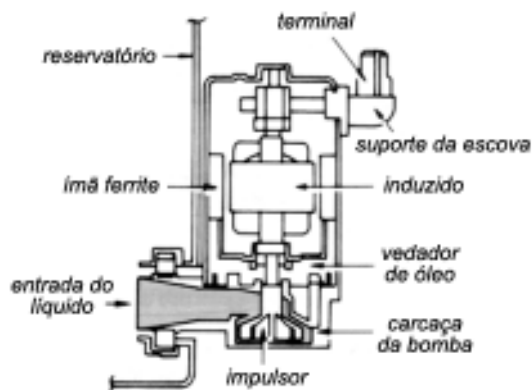
- **RESERVATÓRIO DO LAVADOR**

É montado no cofre do motor, o seu tamanho e formato variam de acordo com a posição de montagem e disponibilidade de espaço. O fluido utilizado é composto por álcool isopropílico etileno glicol, adicionado com detergente e um agente anticorrosivo, pois não pode danificar as palhetas, os pára-brisas e a pintura do veículo.



- **MOTOR DO LAVADOR**

É um conjunto formado por um motor elétrico de ímã permanente, acoplado a uma bomba hidráulica que envia o fluido do reservatório para os bicos lavadores.

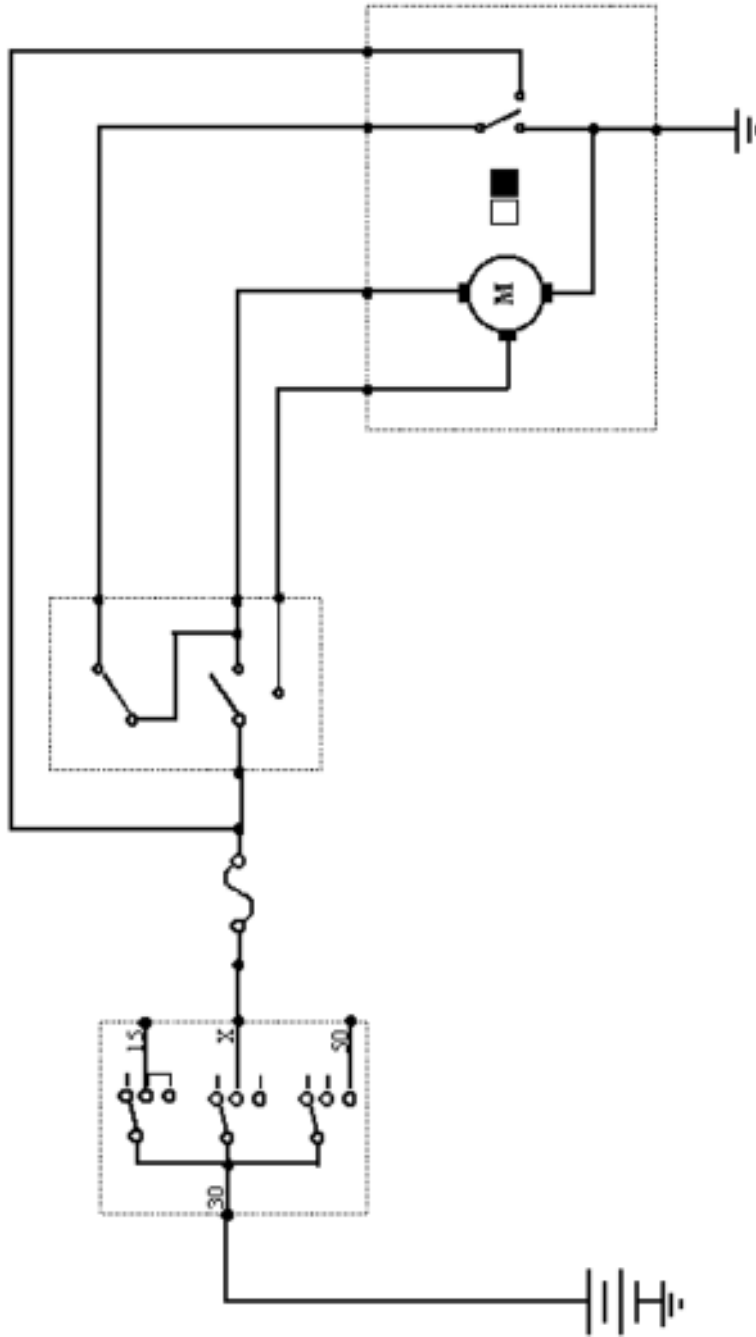


Normalmente, o motor do lavador é instalado no reservatório, pois ele não é capaz de drenar o fluido.

- **BICOS LAVADORES**

Estão ligados por mangueiras ao motor do lavador e pressurizam o fluido fazendo com que este seja descarregado sobre o pára-brisas.





SISTEMA DE TRAVAMENTO DE PORTAS

Sistema cada vez mais utilizado, devido ao conforto e segurança proporcionado ao motorista e aos ocupantes do veículo. Sua principal função é o travamento das portas do veículo, mas pode também estar integrado ao sistema de alarme e ao acionamento elétrico dos vidros.

O acionamento das travas das portas pode ser feito externamente pela chave do veículo, ou internamente pelo interruptor de trava. Quando o sistema de travamento das portas está integrado com sistema de alarme, pode ocorrer o travamento pelo controle remoto do alarme. Este sistema é composto pelos seguintes componentes:

- Interruptor de controle da trava da porta
- Interruptor de controle da trava da porta acionado pela chave
- Motor de trava das portas
- Relé de controle da trava

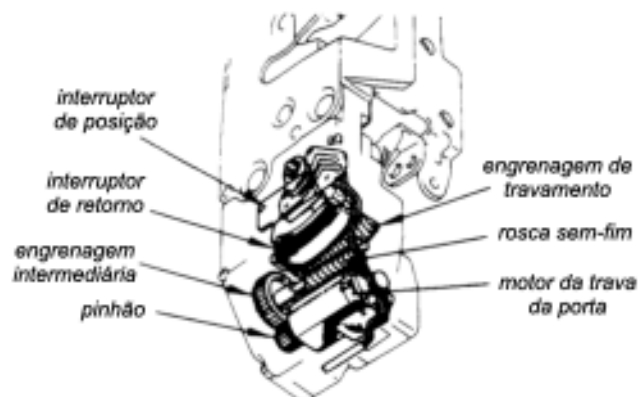
• INTERRUPTOR DE CONTROLE DA TRAVA DA PORTA

Permite o travamento e destravamento de todas portas, com apenas um toque, é instalado no console central, no painel ou na porta do motorista.



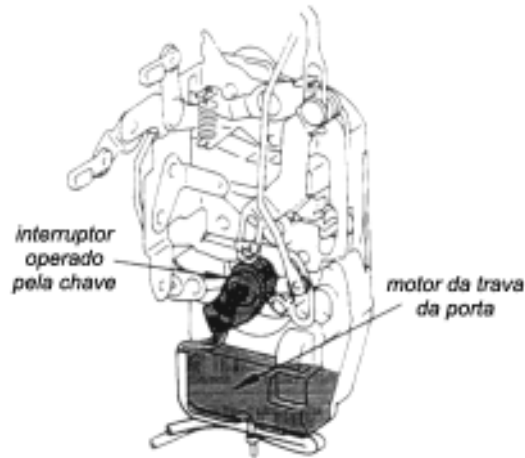
• INTERRUPTOR DE CONTROLE DA TRAVA DA PORTA ACIONADO PELA CHAVE

Está montado no conjunto de travamento das portas e tem como função, mandar um sinal para o relé de travamento, para travar ou destravar as portas, é acionado pela chave do veículo no cilindro da porta.



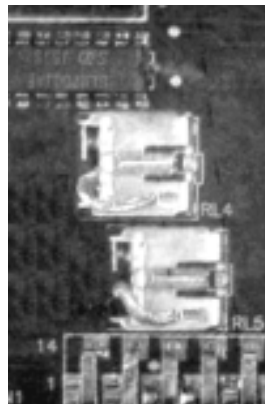
- **MOTOR DE TRAVA DA PORTA**

Cada porta do veículo possui um motor que aciona os mecanismos de travamento da porta. Este motor é comandado pelo relé de travamento, que para travar e destravar as portas, muda a direção do fluxo de corrente e com isso inverte o sentido de rotação do motor. A rotação do motor é transmitida aos mecanismos de travamento através de engrenagens de redução.



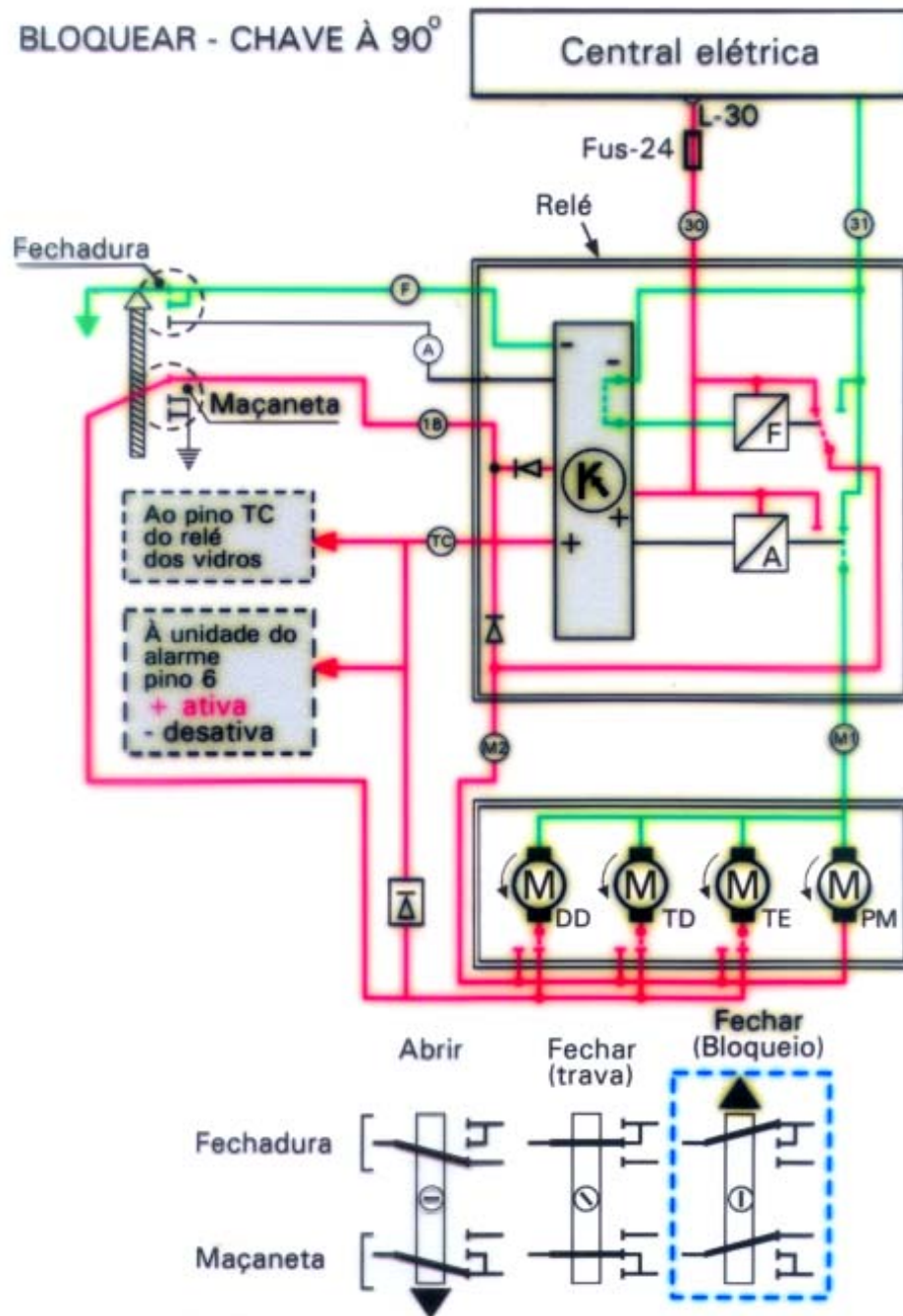
- **RELÉ DE CONTROLE DA TRAVA**

É um relé eletrônico, que analisa as condições dos seus interruptores de travamento e dependendo das suas posições, o relé pode travar ou destravar as portas. Para executar o travamento das portas existe um microprocessador que está ligado a dois relés eletromagnéticos, que acionam os motores de trava das portas.

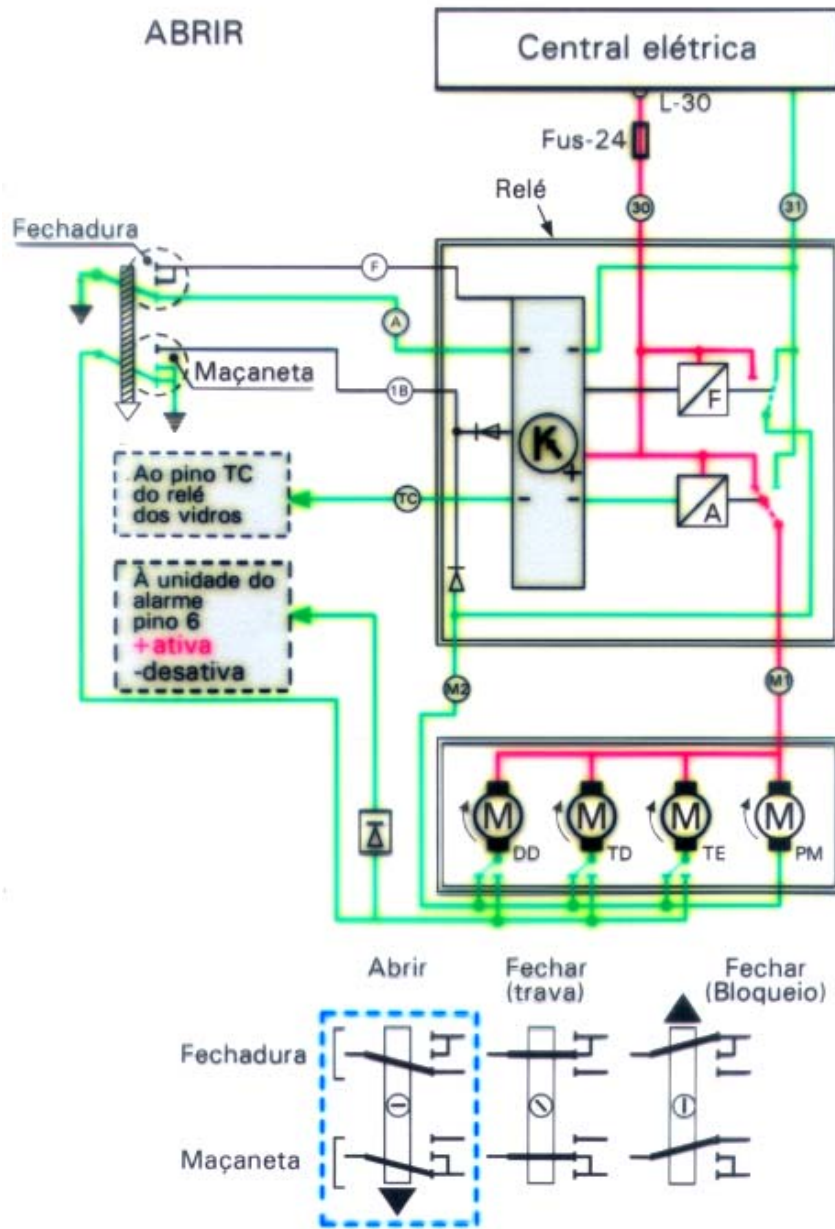


O relé recebe alimentação negativa direto da bateria (linha 30). Todo funcionamento do relé é controlado pelos interruptores de controle da trava (porta e chave do motorista). Dependendo da posição do interruptor, o microprocessador interno do relé, recebe alimentação negativa por um dos seus terminais, que informarão qual relé eletromagnético deverá ser acionado (trava ou destrava), com isso os motores de trava recebem alimentação do relé, travando ou destravando as portas.

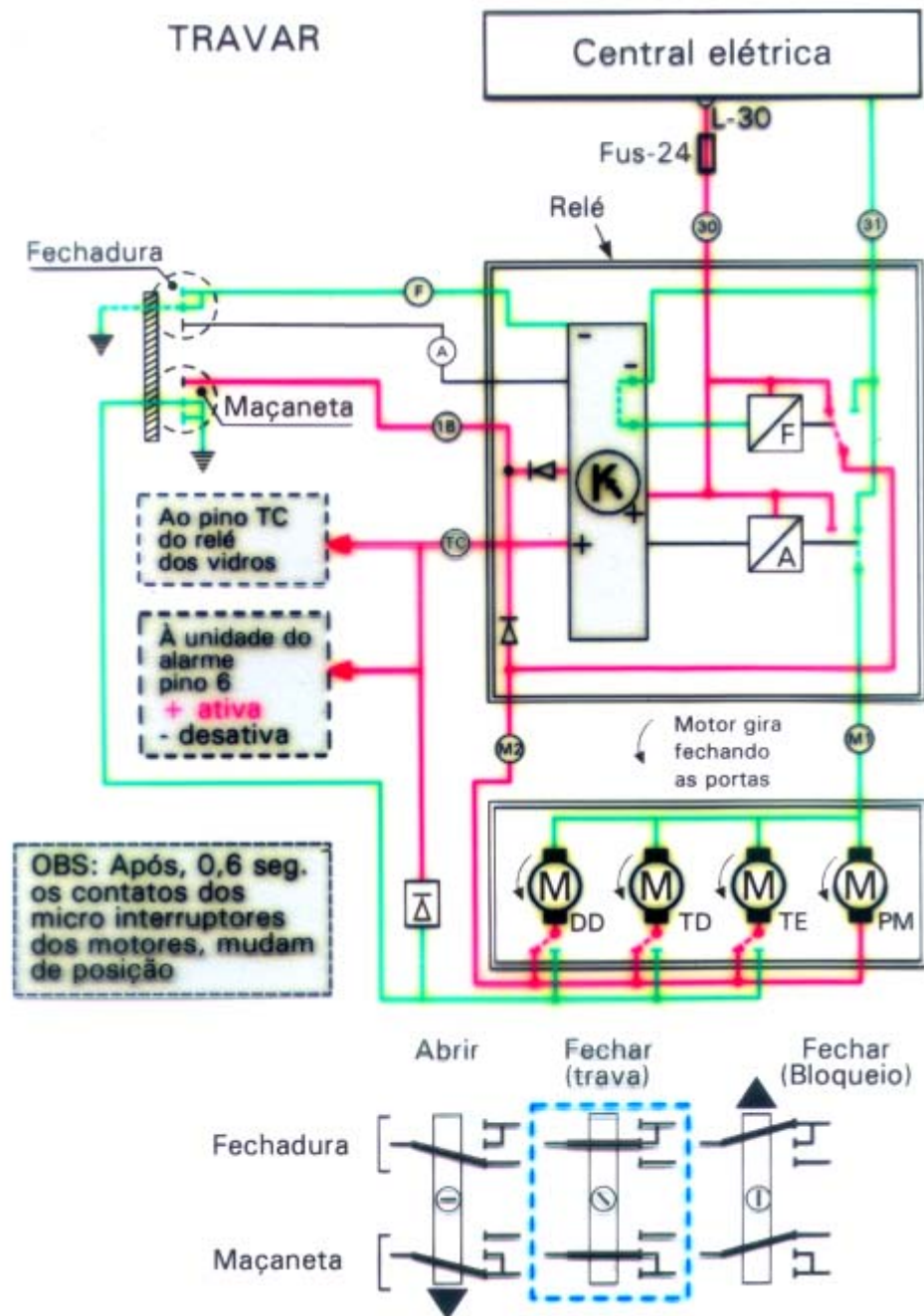
ESQUEMA DO TRAVAMENTO CENTRAL



ESQUEMA DO TRAVAMENTO CENTRAL



ESQUEMA DO TRAVAMENTO CENTRAL



ACIONAMENTO ELÉTRICO DOS VIDROS

É um sistema que é tido como de conforto em um veículo, pois, utiliza a força dos motores elétricos para acionar os mecanismos de subida e descida dos vidros. Existem basicamente dois sistemas de acionamento dos vidros: O sistema convencional e o antiesmagamento.

• SISTEMA CONVENCIONAL

É o sistema mais utilizado entre os veículos, é composto por: relé temporizador, interruptor de acionamento e motor elétrico.

- **Relé temporizador** - é um relé eletrônico que tem como função, mesmo depois que a chave de ignição ser desligada, alimentar o interruptor do vidro por alguns minutos, proporcionando conforto ao motorista e seus ocupantes.



- **Interruptor de acionamento** - controla o funcionamento dos vidros, é composto por contatos metálicos, que fazem a inversão de polaridade no motor elétrico, fazendo a subida e descida do vidro.



- **Motor elétrico** - aciona os mecanismos responsáveis pela subida e descida dos vidros, possui internamente além de um disjuntos térmico, que em caso de um consumo excessivo de corrente, desarma, evitando uma sobrecarga no motor elétrico, um conjunto que reduz sua rotação.



Funcionamento - o relé de acionamento recebe alimentação positiva da chave de ignição (linha 15), com isso os interruptores estarão recebendo alimentação ro relé. Caso a ignição seja desligada, os interruptores permanecerão alimentados devido a temporização do relé.

Quando houver o acionamento do interruptor, haverá a polarização do motor elétrico, que irá subir ou descer o vidro de acordo com a posição do interruptor, caso haja uma inversão do acionamento do interruptor, a polarização no motor elétrico será inversa, executando o trabalho inverso do que vinha sendo realizado.

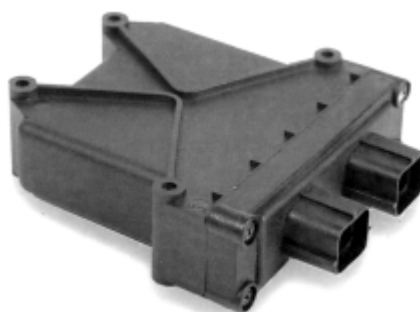
• SISTEMA ANTIESMAGAMENTO

O princípio de funcionamento do sistema antiesmagamento é o mesmo do sistema convencional, com algumas vantagens, como:

- Subida e descida automática
- Controle antiesmagamento

Para executar estas duas funções foram acrescentados a este sistema mais dois componentes: um módulo de controle e sensores de rotação.

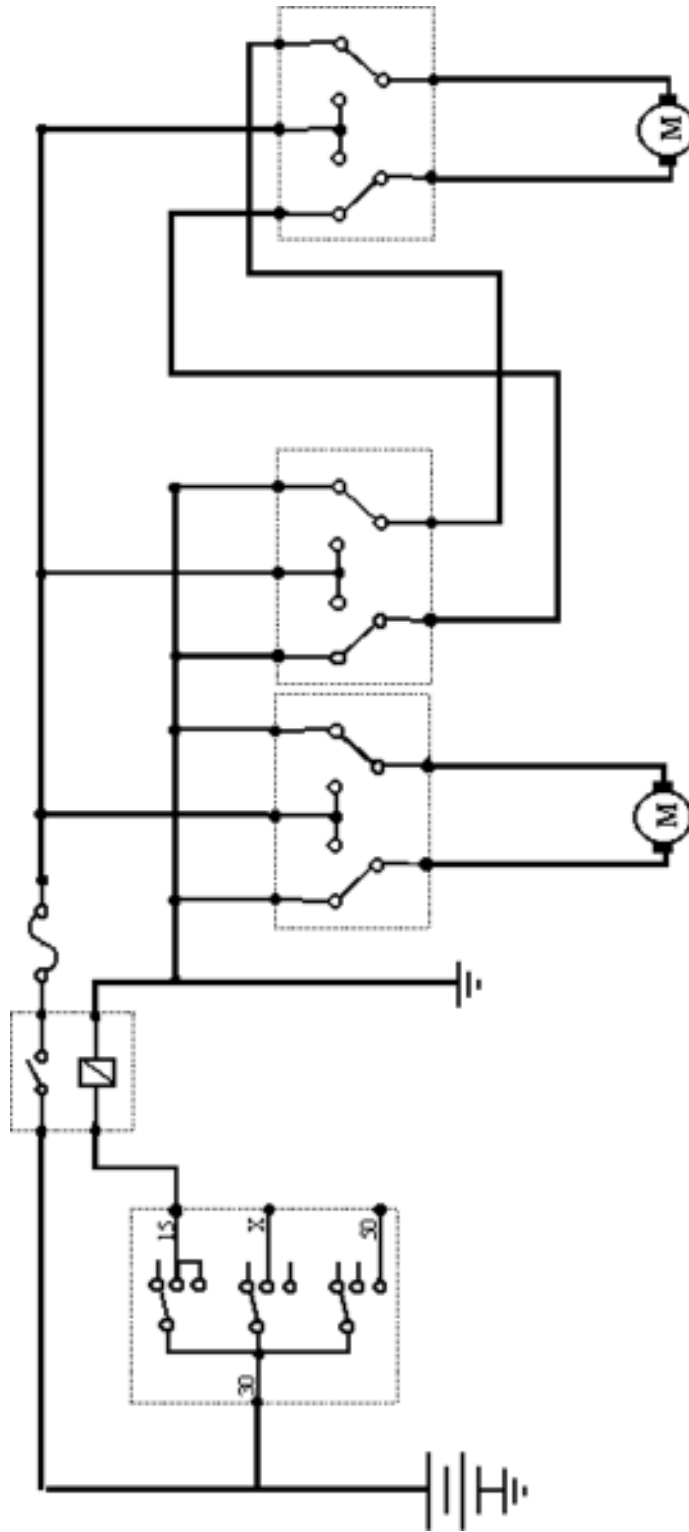
O módulo de controle trabalha entre o interruptor de acionamento e o motor elétrico, que por sua vez, recebe sensores de rotação que informam ao módulo de controle a rotação e a posição do motor elétrico.



O módulo de controle possui internamente um microprocessador que recebe o sinal de subida ou descida do vidro, enviado pelo interruptor de controle, através deste sinal o módulo comanda o funcionamento de dois relés eletromagnéticos internos que acionam o motor elétrico.

O acionamento de subida ou descida automática ocorre quando o motorista segurar o interruptor de comando acionado por alguns segundos, este sinal será interpretado como subida e descida automática pelo módulo de controle e, mesmo que o motorista solte o interruptor o motor elétrico continuará sendo acionado até que, ocorra outro acionamento do interruptor ou o vidro chegue em seu final de curso, informado pelos sensores de rotação.

Caso haja algum bloqueio do vidro, na subida, o módulo de controle aciona a função antiesmagamento, que imobiliza a subida do vidro e faz com ele retorne alguns centímetros, invertendo a polaridade do motor elétrico.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOSCH. *Geradores para veículos automotivos*. Apostila técnica. São Paulo, 1986.

_____. *Motores de partida*. Apostila técnica. São Paulo, 1986.

_____. *Elétrico – Rede Bosch Automóveis*. Folhas de exercícios e apontamento.

DELCO FREEDOM. *Folheto técnico*. São Paulo, 1992.

FORD. Treinamento de serviço. *Sistemas eletroeletrônicos*. São Paulo, 1992.

GUSSOW, Milton. *Eletricidade básica*. São Paulo, 1985.

NISKIER, Júlio e MACINTYRE, Joseph. *Instalações elétricas*. Rio de Janeiro. Ed. Guanabara Koogan S.A., 1992.

SENAI-SP. *Eletricista de manutenção I - Eletricidade básica*. São Paulo, 1993.

_____. Produção do frio - Eletricidade. *Mecânica de Refrigeração - Ensino a distância*. unid. 3. São Paulo, 1996.

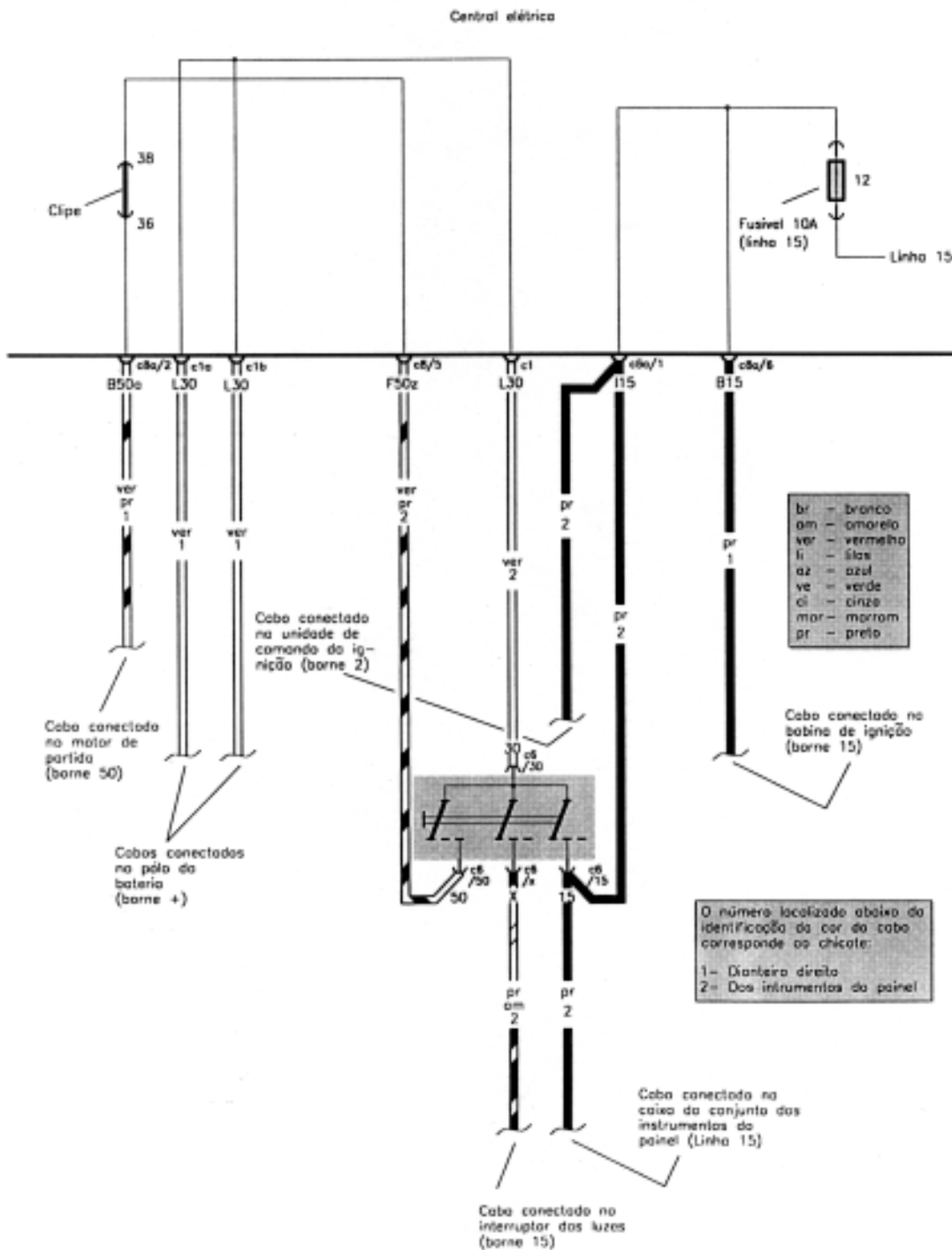
_____. *Eletricidade Básica. Ensino a distância*. São Paulo, 1999.

TOYOTA. *Eletricidade da Carroçaria*. Volume 17. Etapa 2. Manual de Treinamento.

TOYOTA. *Fundamentos de Serviço*. Volume 2. Etapa 1. Manual de Treinamento.

ANEXOS

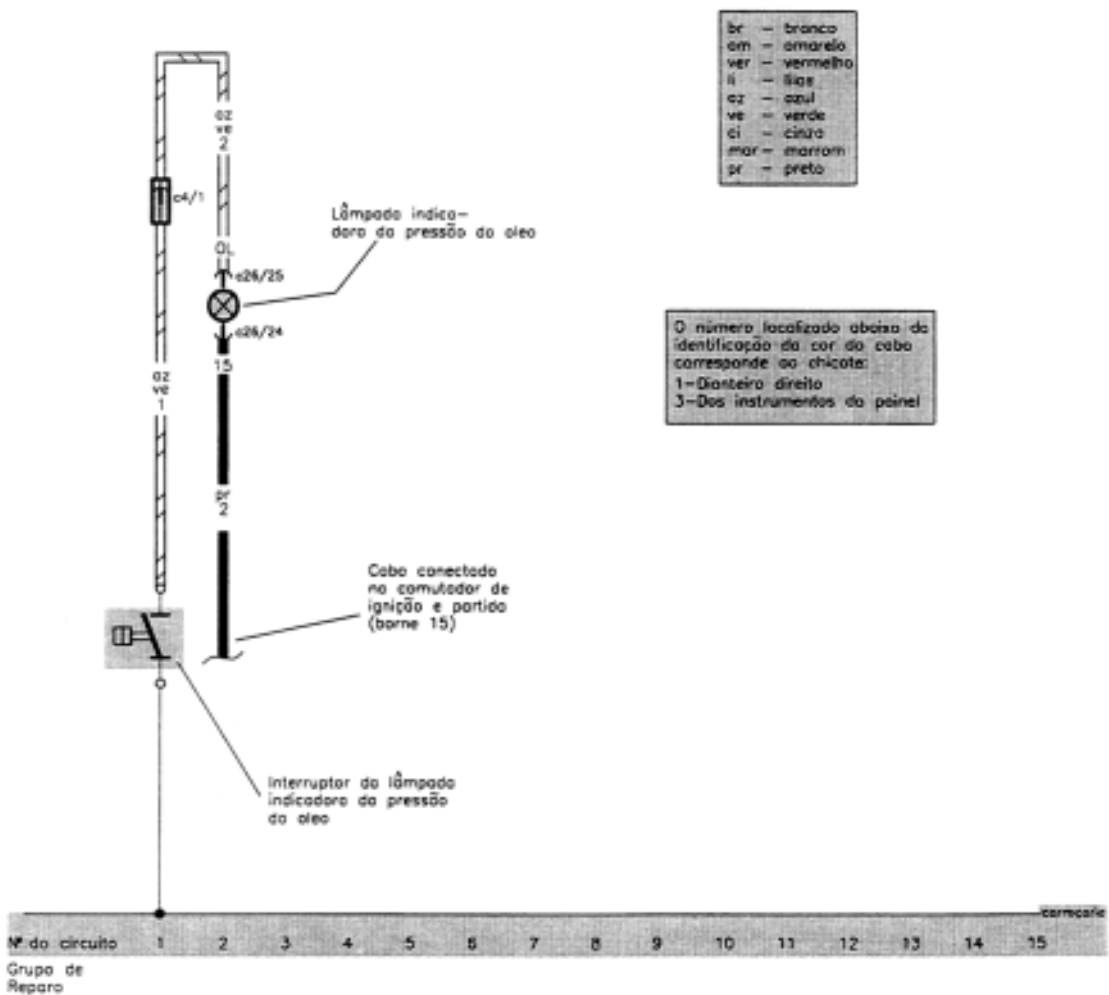
Comutador de ignição e partida (injeção eletrônica - Bosch)



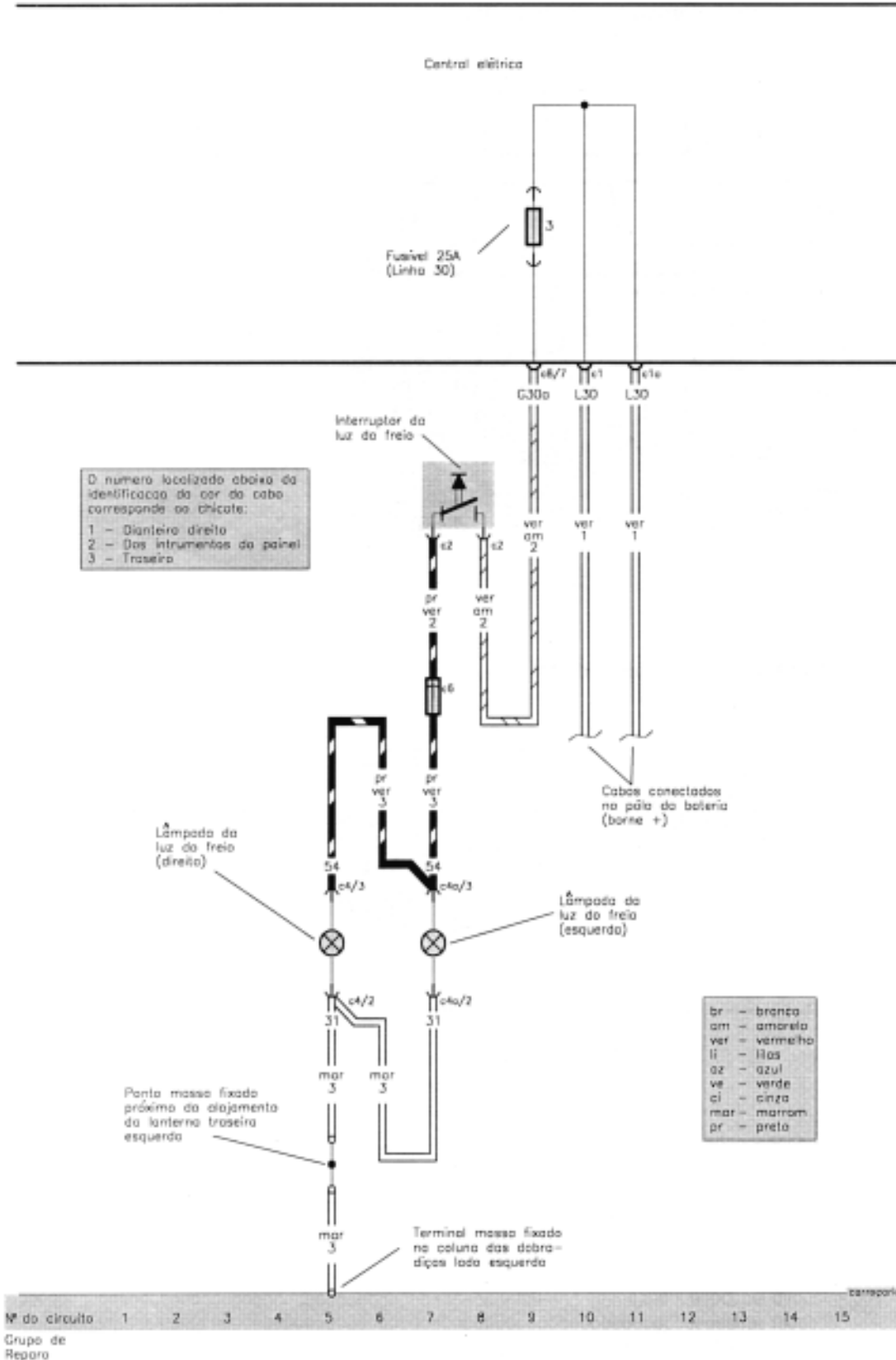
M do circuito	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Grupo de Reparo															

Lâmpada indicadora da pressão do óleo

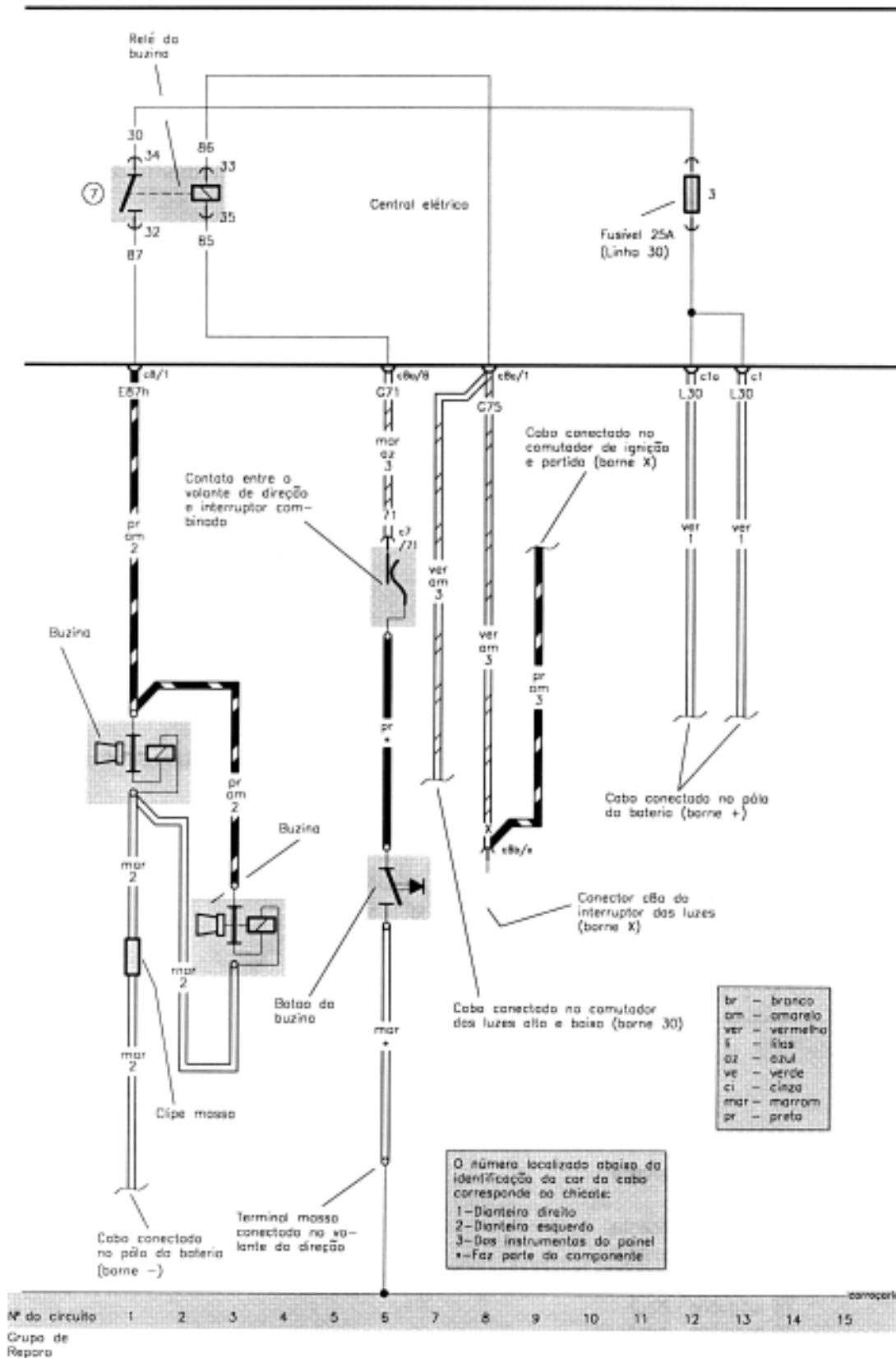
Central elétrica



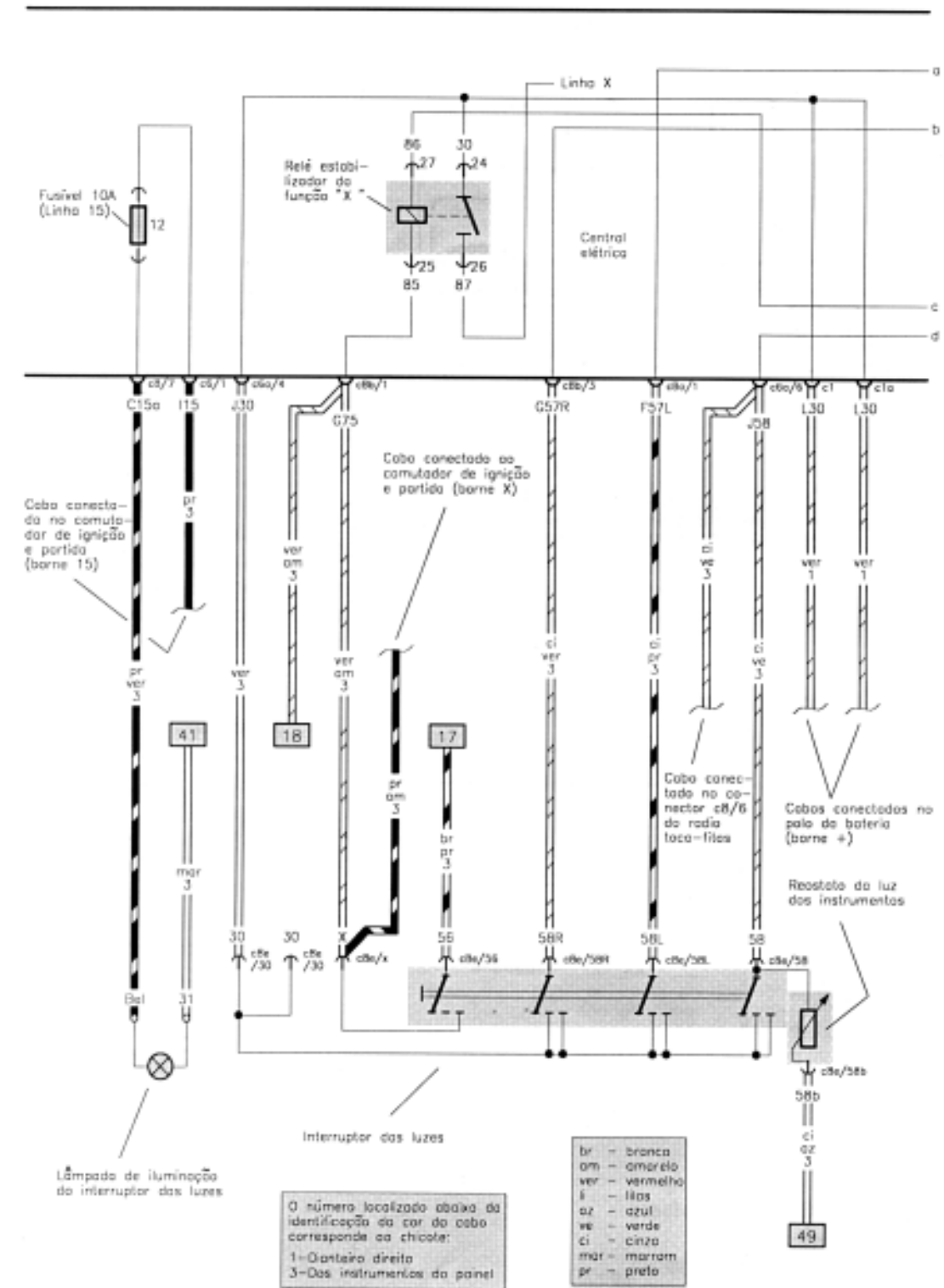
Lâmpadas do freio



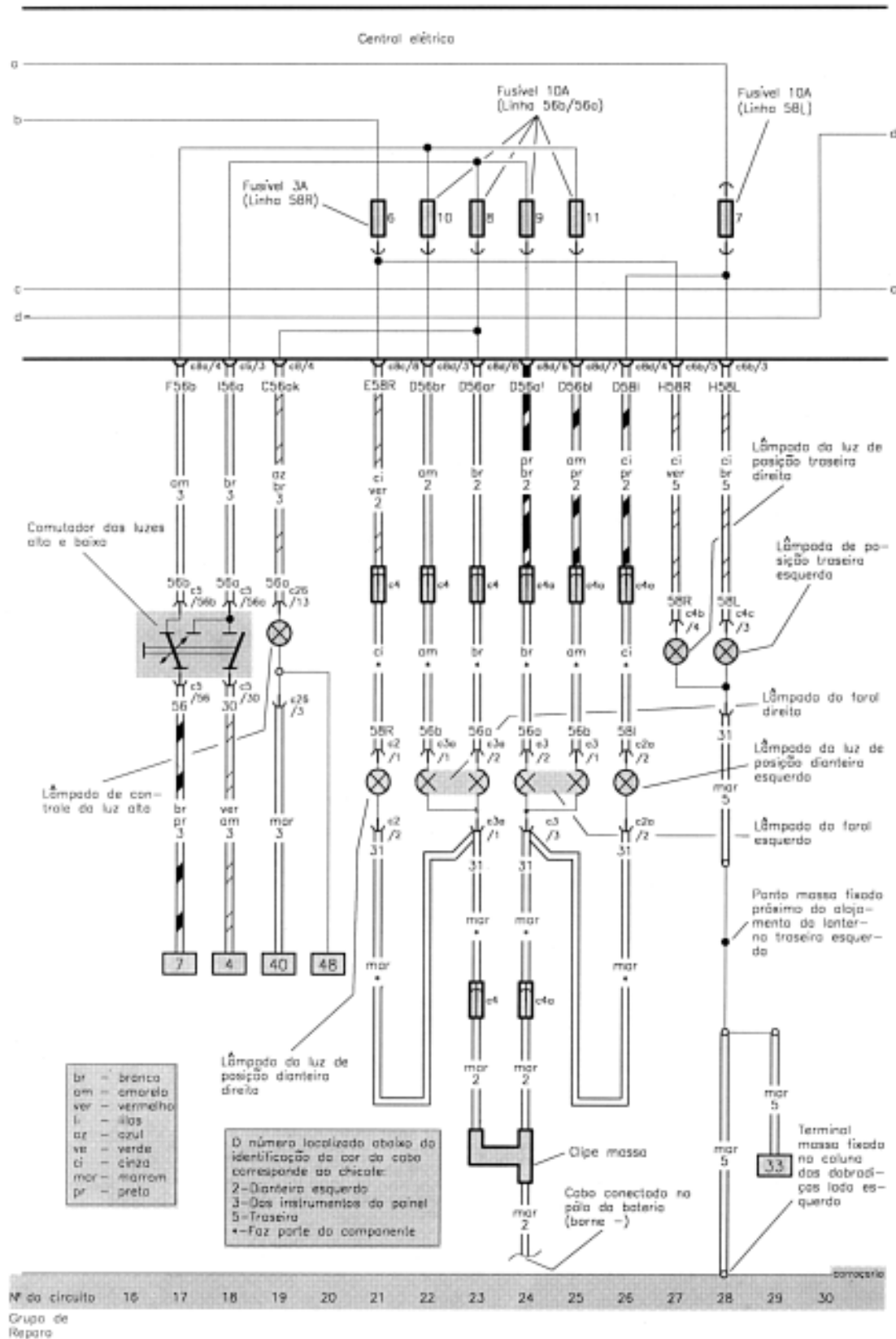
Buzina dupla



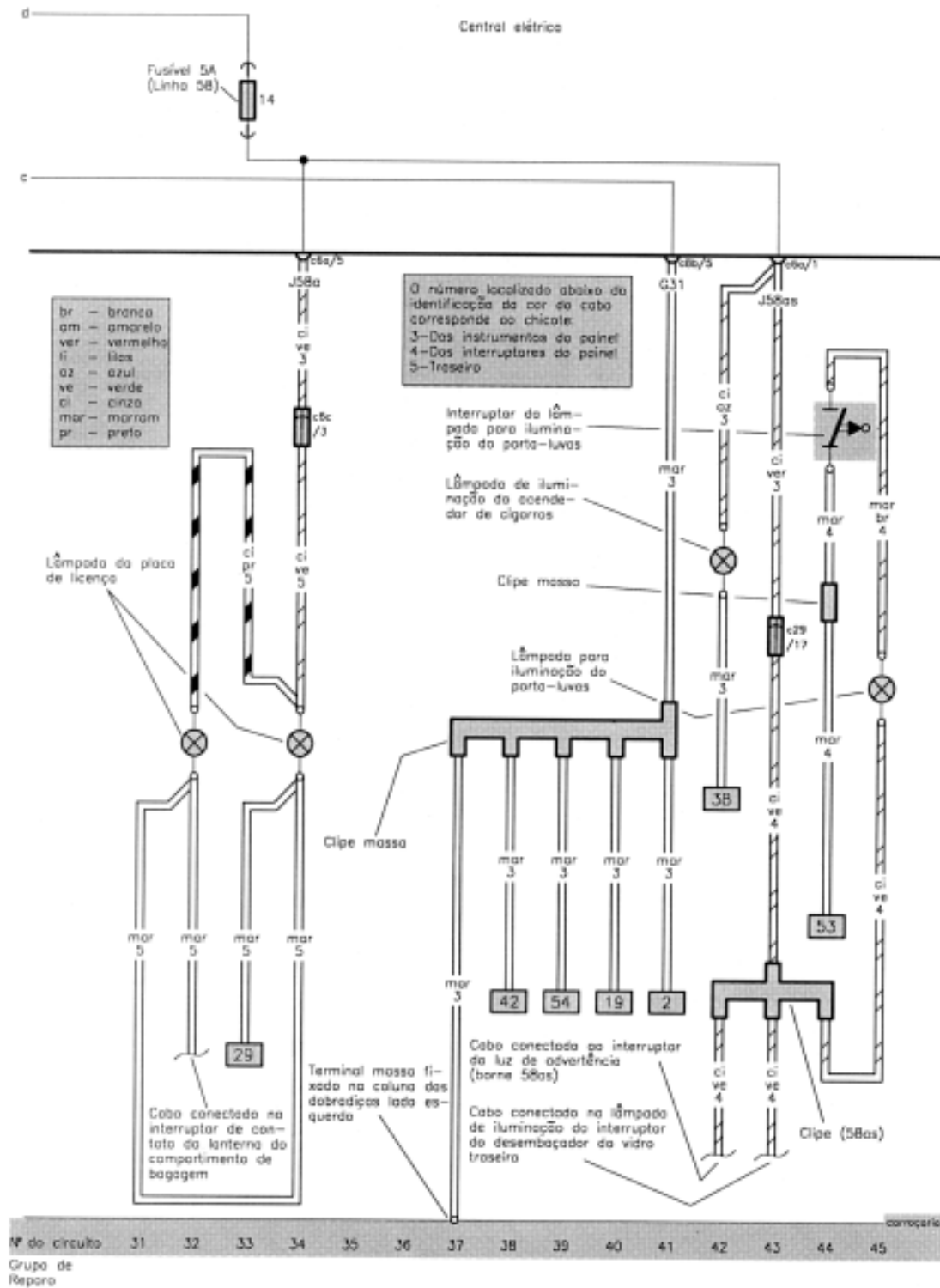
Interruptor das luzes



Interruptor das luzes

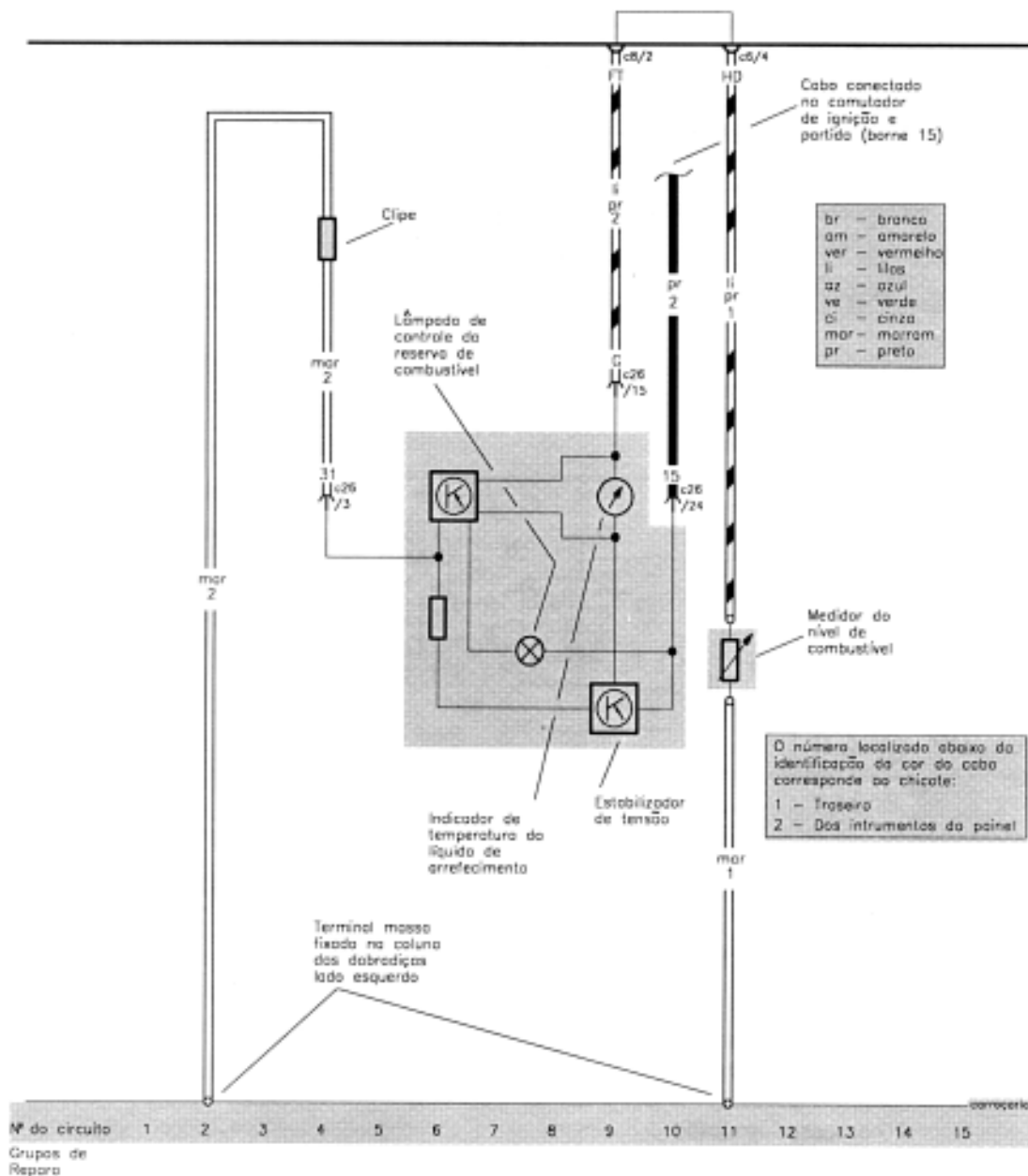


Interruptor das luzes



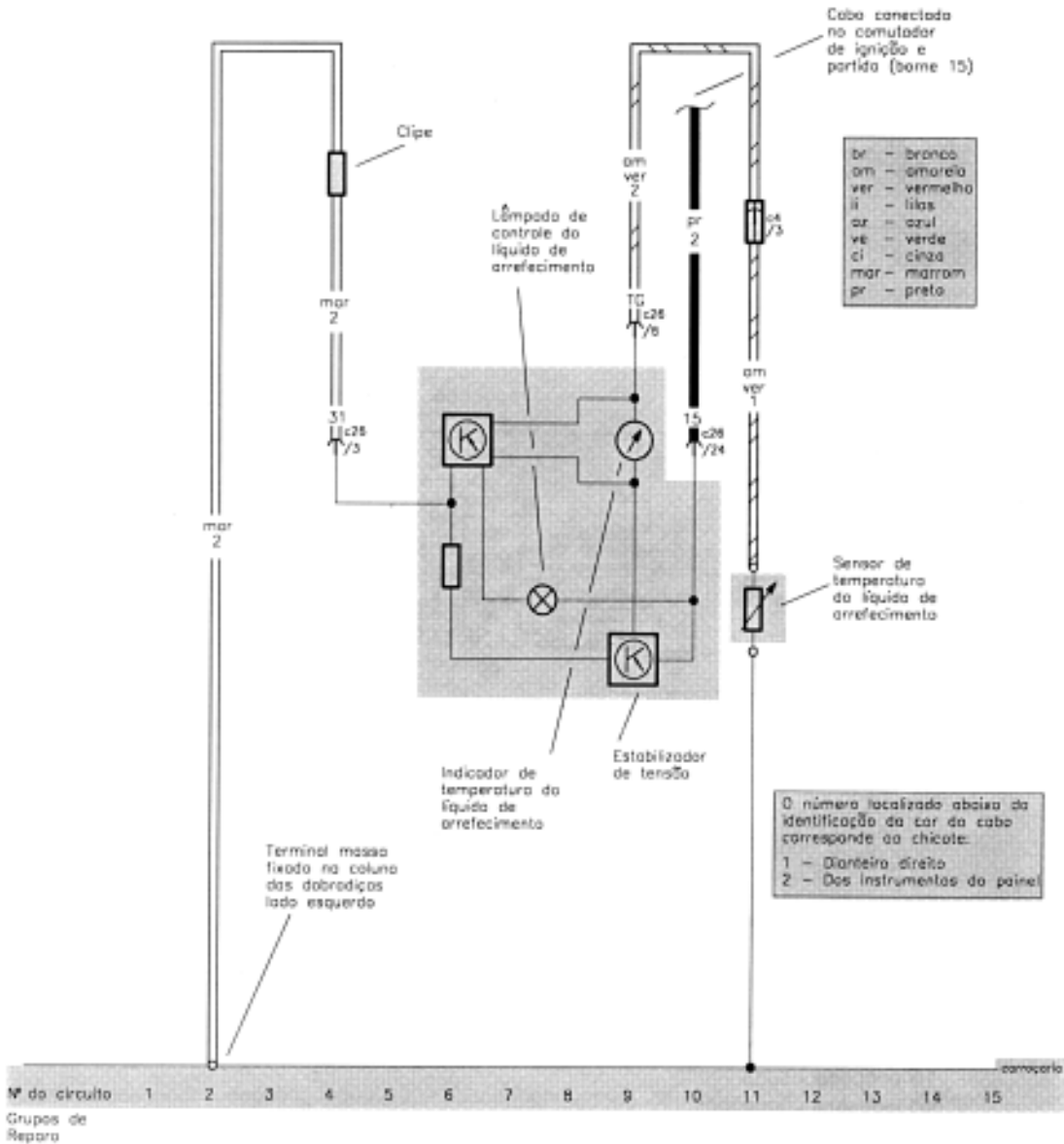
Indicador do nível de combustível

Central elétrica

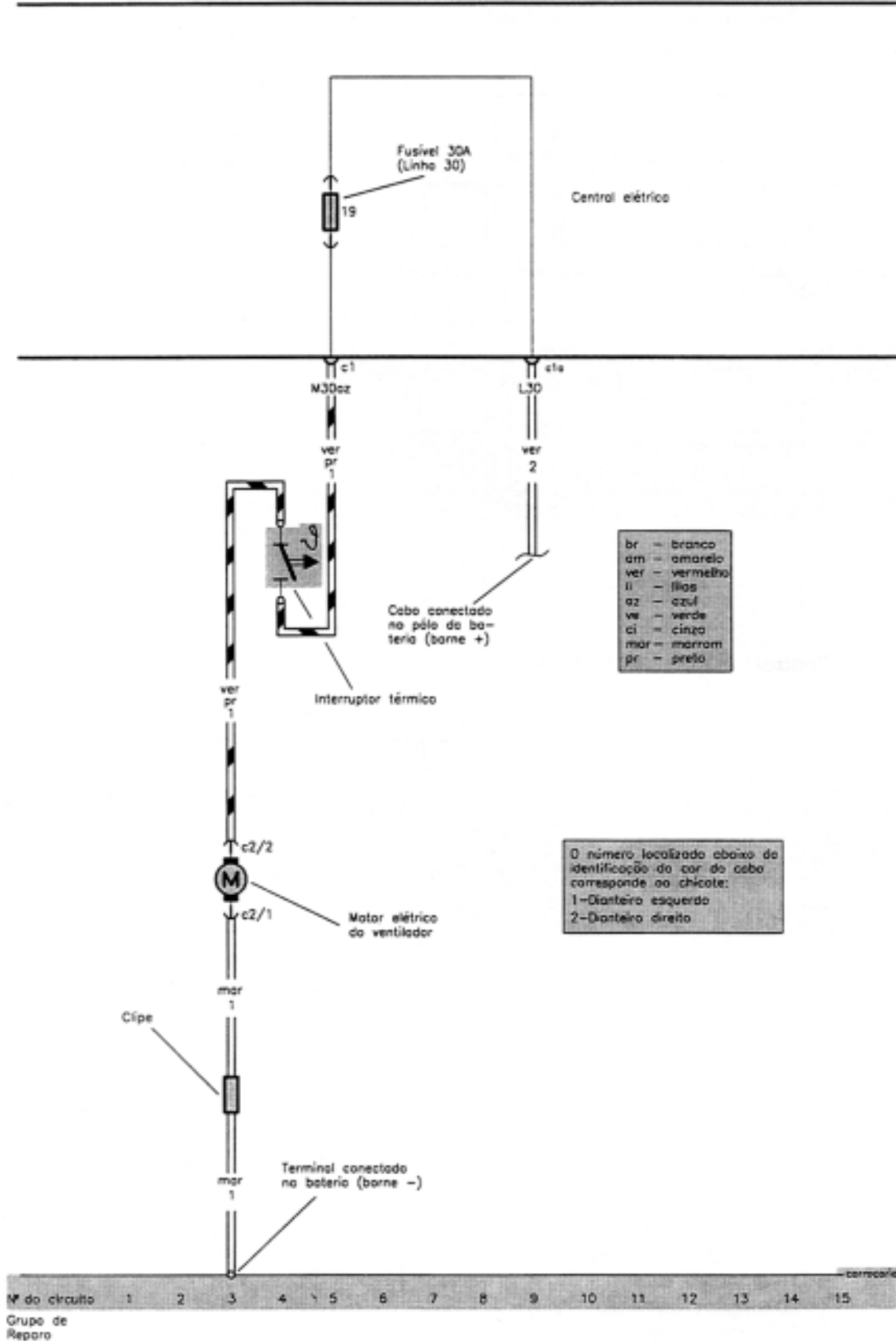


Indicador de temperatura do líquido de arrefecimento

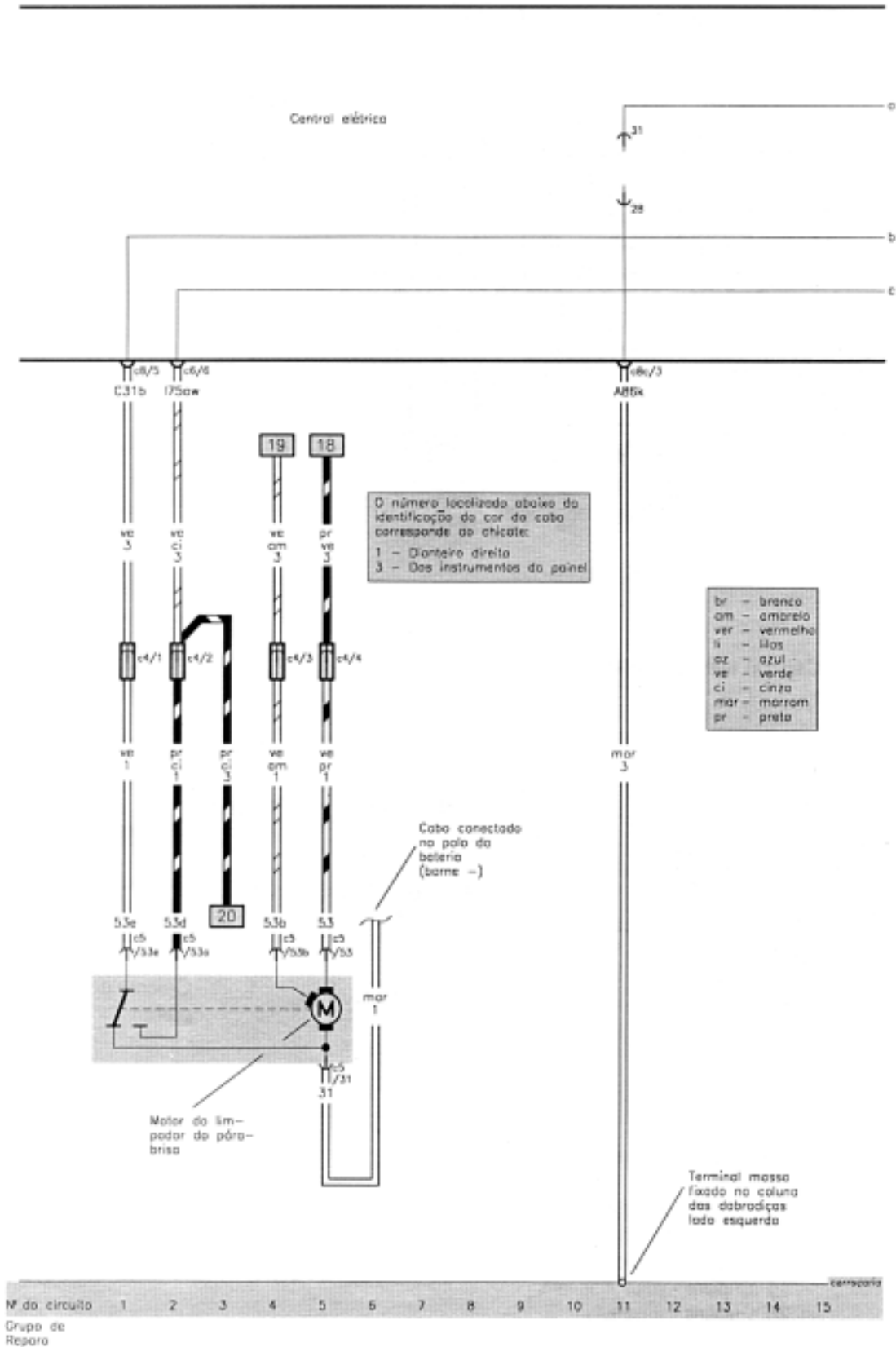
Central elétrica



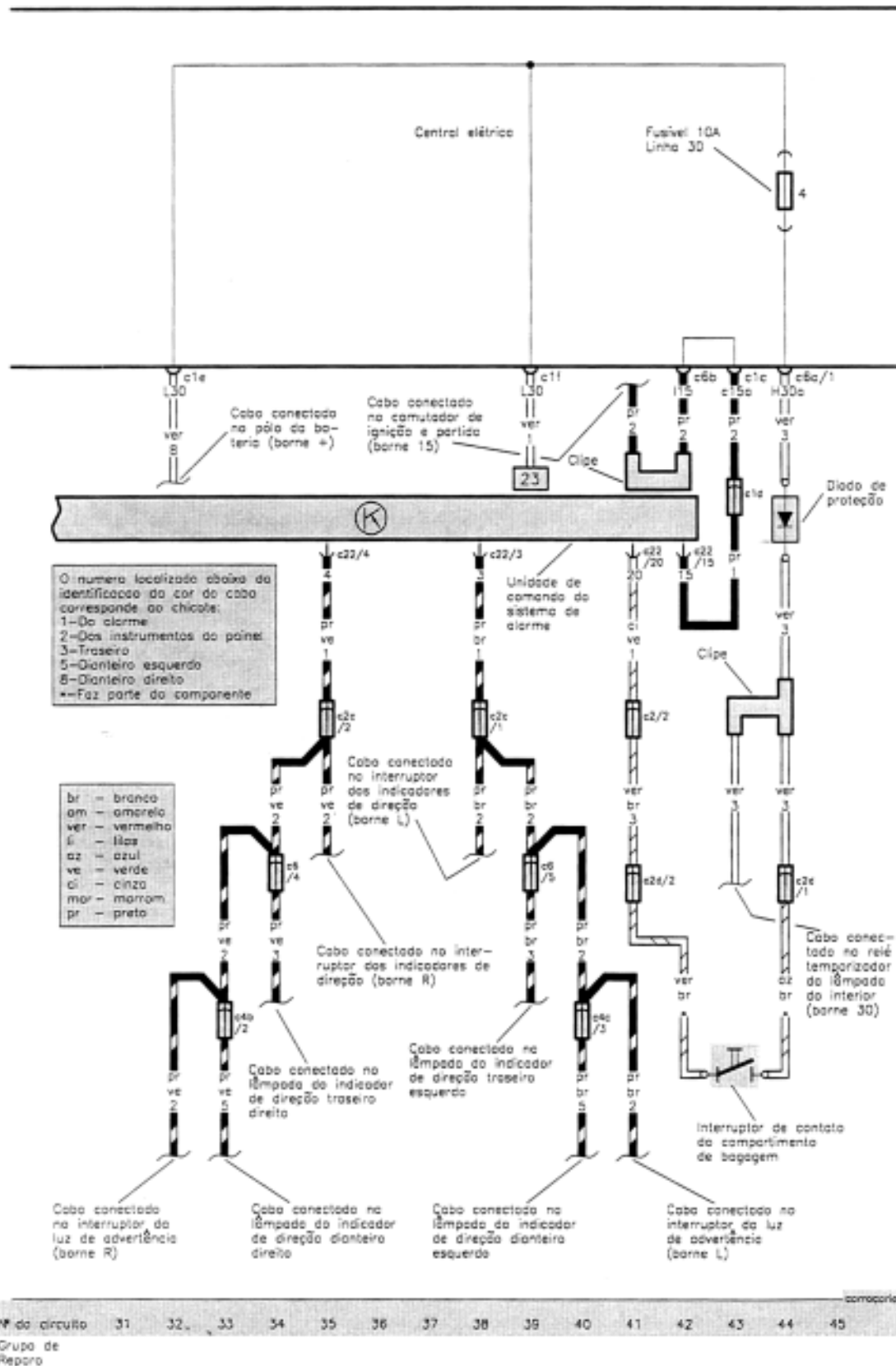
Motor elétrico do ventilador



Limpador e lavador do pára-brisa

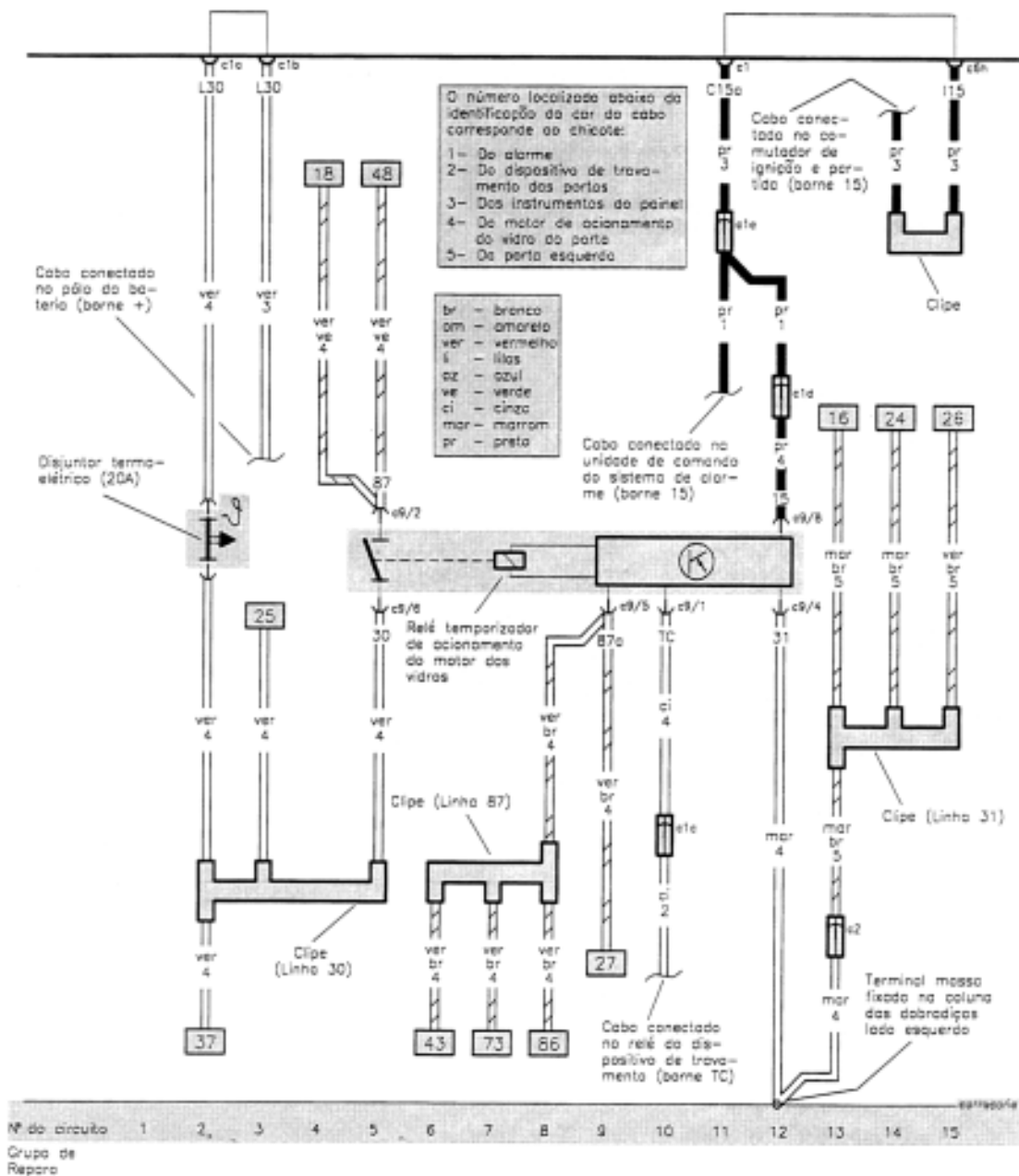


Alarme com travamento



Mecanismo elétrico de acionamento do vidro da janela das portas

Central elétrica

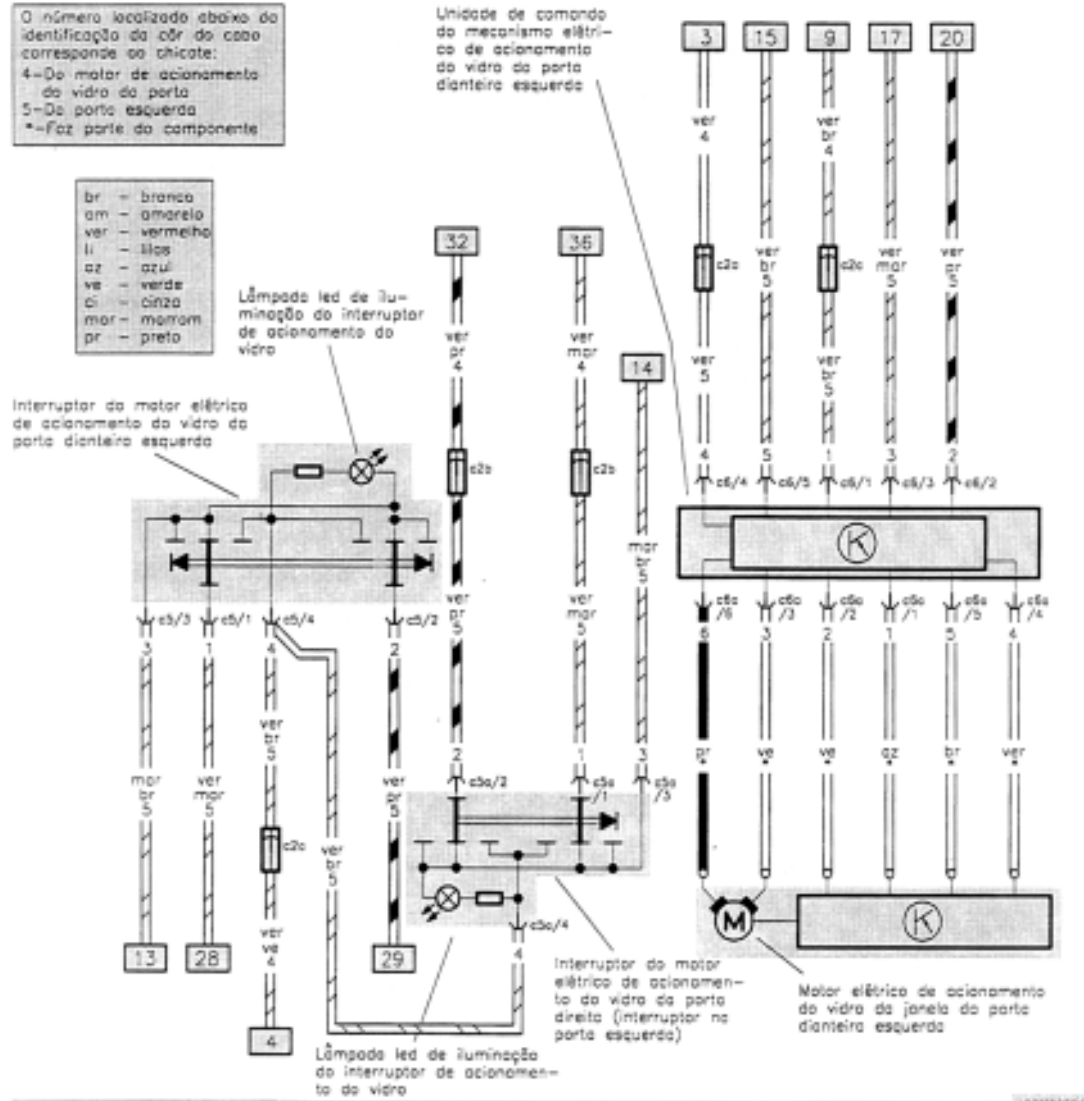


Mecanismo elétrico de acionamento do vidro da janela das portas

Central elétrica

O número localizado abaixo da identificação da cor do cabo corresponde ao chicote:
 4-Do motor de acionamento do vidro da porta
 5-Do porta esquerda
 *-Faz parte do componente

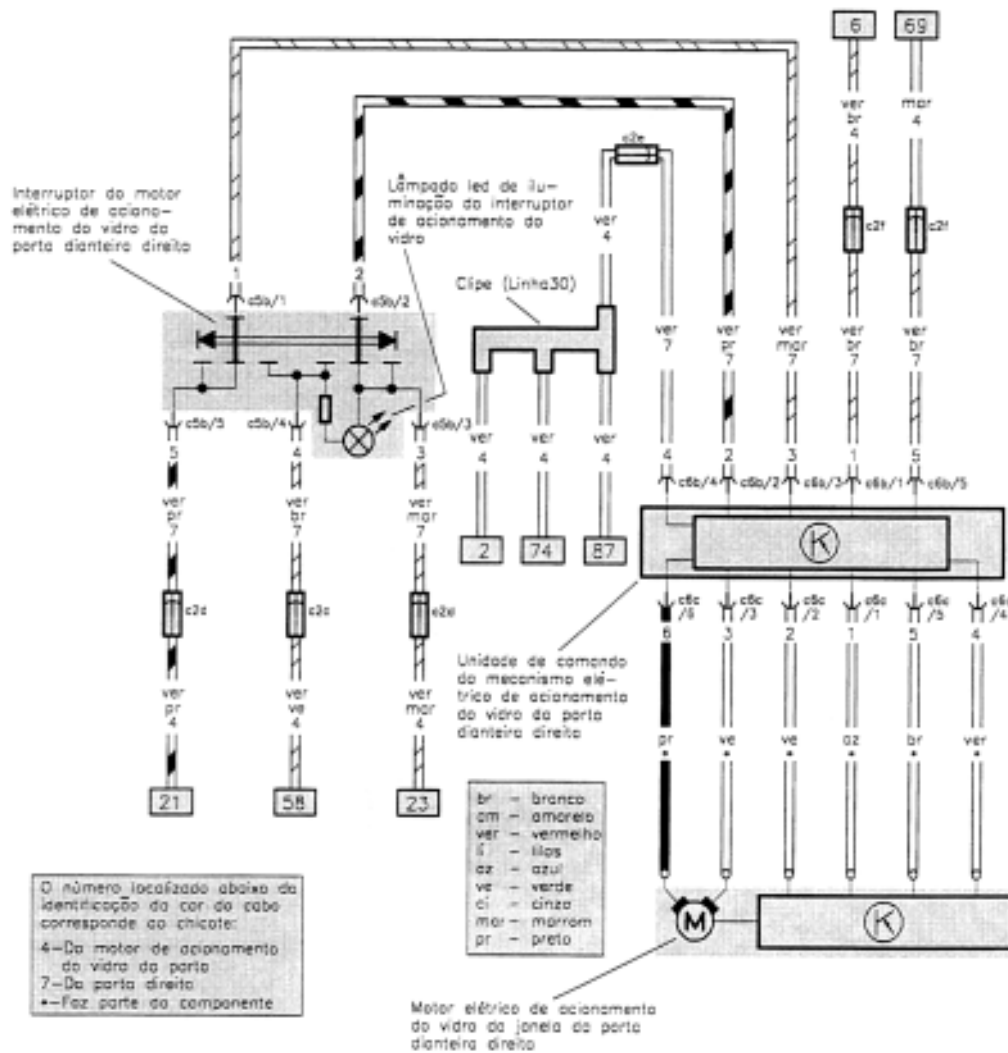
- br - branco
- am - amarelo
- ver - vermelho
- li - lilás
- az - azul
- ve - verde
- ci - cinza
- mar - marrom
- pr - preto



Nº do circuito	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Grupo de Reparo															

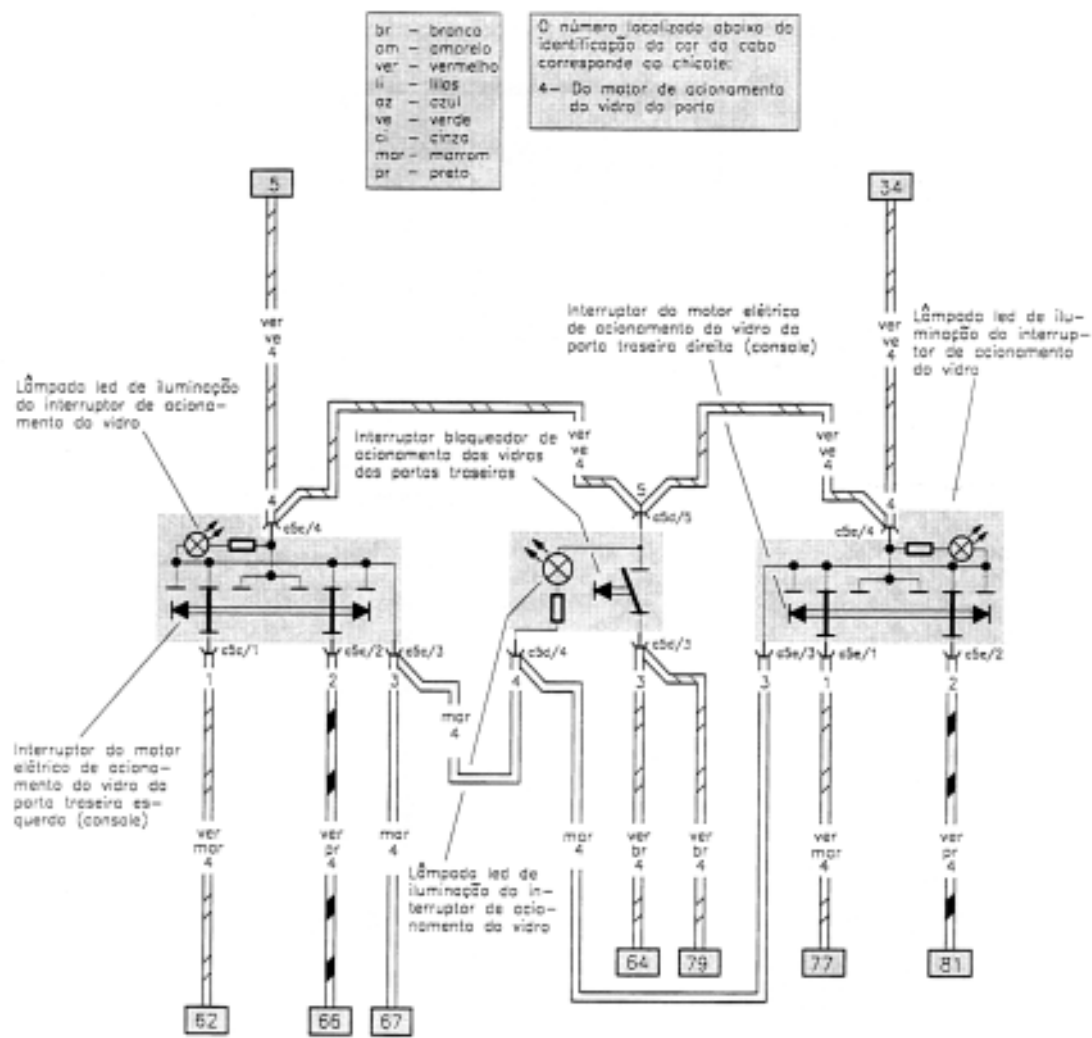
Mecanismo elétrico de acionamento do vidro da janela das portas

Central elétrica



Mecanismo elétrico de acionamento do vidro da janela das portas

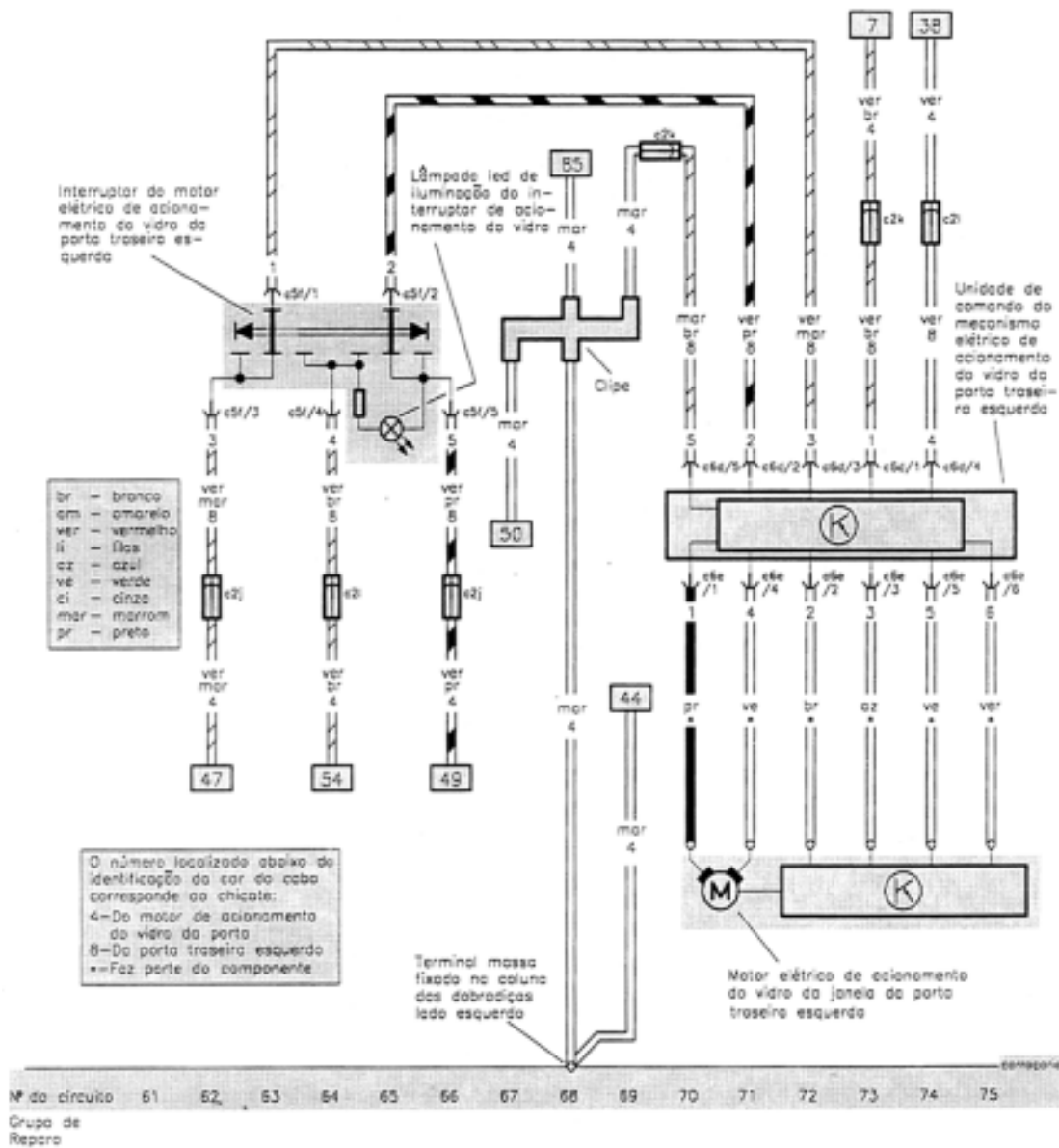
Central elétrica



N.º do circuito	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Grupo de Reparo															

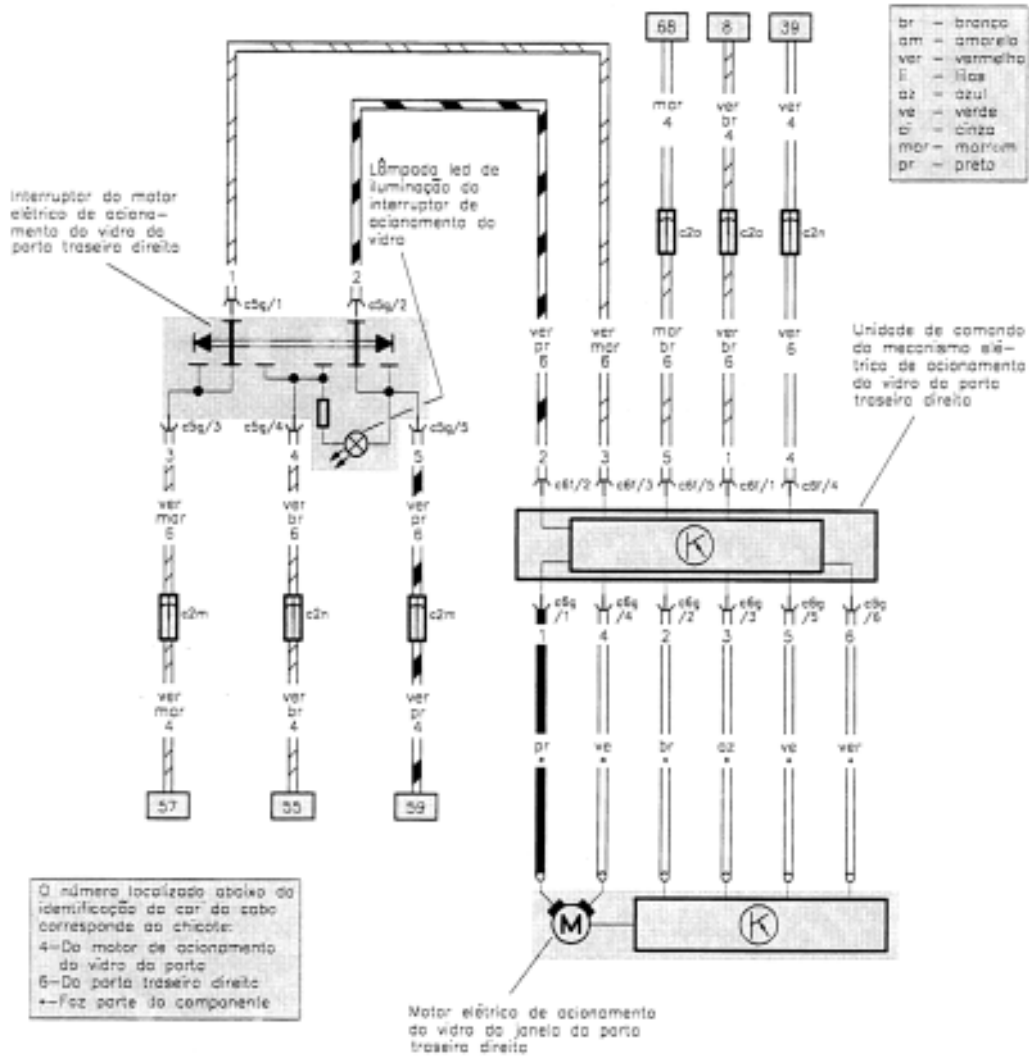
Mecanismo elétrico de acionamento do vidro da janela das portas

Central elétrica



Mecanismo elétrico de acionamento do vidro da janela das portas

Central elétrica



Nº do circuito	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
Grupo de Repara															

FIESP
SESI
SENAI
IRS

Sistema
FIESP