



Colecção
Formação Modular Automóvel

ELECTRICIDADE
BÁSICA



Colecção Formação Modular Automóvel

Título do Módulo Electricidade Básica

Coordenação Técnico-Pedagógica CEPRA – Centro de Formação Profissional
da Reparação Automóvel
Departamento Técnico Pedagógico

Direcção Editorial CEPRA – Direcção

Autor CEPRA – Desenvolvimento Curricular

Maquetagem CEPRA – Núcleo de Apoio Gráfico

Propriedade Instituto de Emprego e Formação Profissional
Av. José Malhoa, 11 - 1000 Lisboa

1ª Edição Portugal, Lisboa, Fevereiro de 2000

Depósito Legal 147888/00

© Copyright, 2000
Todos os direitos reservados
IEFP



“Produção apoiada pelo Programa Operacional Formação Profissional e Emprego, cofinanciado pelo Estado Português, e pela União Europeia, através do FSE”

“Ministério de Trabalho e da Solidariedade – Secretaria de Estado do Emprego e Formação”

ÍNDICE

DOCUMENTOS DE ENTRADA

OBJECTIVOS GERAIS	E.1
OBJECTIVOS ESPECÍFICOS	E.1
PRÉ-REQUISITOS.....	E.3

CORPO DO MÓDULO

0 - INTRODUÇÃO	0.1
1 - CONSTITUIÇÃO DA MATÉRIA	1.1
1.1 - DEFINIÇÃO DA MATÉRIA	1.1
1.2 - O ÁTOMO.....	1.3
1.3 - CARGAS ELÉCTRICAS-IÃO POSITIVO E IÃO NEGATIVO.....	1.16
2 - ELECTRICIDADE	2.1
2.1 - CLASSIFICAÇÃO DE ELECTRICIDADE	2.1
2.2 - NOÇÃO DE CONDUTOR E ISOLADOR	2.1
2.3 - MODOS DE ELECTRIZAÇÃO	2.3
2.3.1 - ELECTRIZAÇÃO POR FRICÇÃO	2.3
2.3.2 - ELECTRIZAÇÃO POR CONTACTO	2.4
2.3.3 - ELECTRIZAÇÃO POR INDUÇÃO	2.4
2.4 - MOVIMENTO ORIENTADO DE CARGAS ELÉCTRICAS	2.5
3 - ENERGIA ELÉCTRICA/ELECTRICIDADE MECÂNICA.....	3.1
3.1 - POTENCIAL ELÉCTRICO, DIFERENÇA DE POTENCIAL.....	3.1
3.2 – CORRENTE ELÉCTRICA	3.2
3.3 – RESISTÊNCIA ELÉCTRICA	3.7
3.3.1 – DEFINIÇÃO DE RESISTÊNCIA.....	3.7
3.3.2 – CÁLCULO DE RESISTÊNCIA DE MATERIAIS	3.9
3.3.3 – INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA	3.11
3.3.4 – RESISTÊNCIAS-COMPONENTES	3.11
3.4 – RESISTÊNCIA ELÉCTRICA.....	3.16
3.4.1 – DIFERENÇA DE POTENCIAL OU TENSÃO.....	3.16
3.4.2 – CORRENTE ELÉCTRICA.....	3.17
3.4.3 – RESISTÊNCIAS	3.18

4 - LEI DE OHM	4.1
4.1– DEFINIÇÃO DA LEI DE OHM.....	4.1
4.2 – CÁLCULOS UTILIZANDO A LEI DE OHM	4.5
4.2.1 – DETERMINAÇÃO DA CORRENTE.....	4.5
4.2.2 – DETERMINAÇÃO DA TENSÃO	4.5
4.2.3 – DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA	4.6
4.2.4 – PROBLEMAS PRÁTICOS.....	4.6
5 - CIRCUITO ELÉCTRICO	5.1
5.1– DEFINIÇÃO DA LEI DE OHM.....	5.1
5.1.1 – RESISTÊNCIA.....	5.1
5.1.2 – INTENSIDADE DA CORRENTE.....	5.2
5.1.3 – TENSÃO	5.3
5.2– ESTUDO DO CIRCUITO EM PARALELO	5.5
5.2.1 – INTENSIDADE.....	5.5
5.2.2 – TENSÃO	5.6
5.2.3 – RESISTÊNCIA.....	5.7
5.3– ESTUDO DO CIRCUITO MISTO	5.9
5.4– LEIS DE KIRCHHOFF.....	5.11
5.4.1 – LEI DAS MALHAS	5.12
5.4.2 – LEI DOS NÓS.....	5.14
5.5– CONSTITUIÇÃO DO CIRCUITO ELÉCTRICO.....	5.14
6 - POTÊNCIA ELÉCTRICA	6.1
6.1– LEI DE JOULE.....	6.1
6.2 – APLICAÇÕES DA LEI DE JOULE.....	6.3
6.3 – CURTO CIRCUITO E CORTA CIRCUITOS FUSÍVEIS	6.4
6.4 – NOÇÃO DE TRABALHO.....	6.7
6.5 – NOÇÃO DE POTÊNCIA.....	6.8
6.5.1 – CÁLCULO DE TRABALHO E POTÊNCIA	6.10
7 - POTÊNCIA ELÉCTRICA	7.1
7.1– NOÇÃO DE CONDENSADORES	7.1
7.1.1 – CARGA DO CONDENSADOR	7.2
7.1.2 – TENSÃO DE ROTURA	7.2

7.1.3 – DESCARGA DO CONDENSADOR	7.4
7.1.4 – CAPACIDADE DOS CONDENSADORES.....	7.5
7.1.5 – ASSOCIAÇÃO DE CONDENSADORES.....	7.6
7.1.6 – APLICAÇÕES	7.7
8 - MEDIÇÃO DE GRANDEZAS ELÉCTRICAS	8.1
8.1 – AMPERÍMETRO.....	8.1
8.2 – VOLTÍMETRO.....	8.2
8.3– MULTÍMETRO	8.2
8.4 – MEDIÇÃO DA TENSÃO	8.3
8.5 – MEDIÇÃO DA CORRENTE	8.4
8.6 – MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA.....	8.4
BIBLIOGRAFIA.....	C.1
DOCUMENTOS DE SAÍDA	
PÓS-TESTE	S.1
CORRIGENDA E COTAÇÃO DA TABELA DE PÓS-TESTE.....	S.18
ANEXOS	
EXERCÍCIOS PRÁTICOS	A.1
CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DOS EXERCÍCIOS PRÁTICOS	A.2

DOCUMENTOS DE ENTRADA

OBJECTIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS

Depois de ter estudado este módulo, o formando deverá ser capaz de:

OBJECTIVOS GERAIS

Identificar as partículas constituintes da matéria e as suas propriedades eléctricas, poder classificar electricidade e identificar as suas aplicações na indústria em geral, bem como descrever os vários componentes eléctricos e suas aplicações no automóvel.

OBJECTIVOS ESPECÍFICOS

1. Definir matéria pela sua constituição, diferenciando-a nos seus estados físicos, em função da pressão e temperatura a que esteja sujeita.
2. Distinguir, dentro da constituição atómica, ião positivo de ião negativo segundo a aquisição e perda de electrões pelo átomo.
3. A partir dos vários elementos e compostos químicos presentes na natureza, distinguir, com base na sua resistência eléctrica, quais os materiais isoladores e condutores de corrente eléctrica.

4. Com base na noção de electricidade estática, identificar com rigor os vários tipos de electrização.
5. Definir diferença de potencial e corrente eléctrica tomando como princípio de estudo, um circuito simples.
6. Distinguir corrente eléctrica contínua de alternada
7. Definir resistência eléctrica e resistividade eléctrica aplicando estas noções no estudo de qualquer circuito eléctrico.
8. Enunciar a lei de Ohm, aplicando as respectivas fórmulas matemáticas a qualquer exercício de aplicação.
9. Interpretar a lei de Joule, traduzindo todos os seus efeitos caloríficos num circuito eléctrico puramente resistivo.
10. Montar um circuito eléctrico interpretando um esquema dado.
11. Medir intensidades, tensões e resistências usando o amperímetro, voltmímetro e ohmímetro.
12. Medir qualquer grandeza eléctrica com o uso do multímetro, definindo com clareza os resultados obtidos em função do calibre utilizado no aparelho.
13. Localizar um condensador em qualquer circuito eléctrico explicando o seu funcionamento e função no circuito.

PRÉ-REQUISITOS

COLECÇÃO FORMAÇÃO MODULAR AUTOMÓVEL					
Construção da Instalação Eléctrica	Componentes do Sistema Eléctrico e sua Simbologia	Electricidade Básica	Magnetismo e Electromagnetismo - Motores e Geradores	Tipos de Baterias e sua Manutenção	Tecnologia dos Semi-Condutores - Componentes
Circ. Integrados, Microcontroladores e Microprocessadores	Leitura e Interpretação de Esquemas Eléctricos Auto	Características e Funcionamento dos Motores	Distribuição	Cálculos e Curvas Características do Motor	Sistemas de Admissão e de Escape
Sistemas de Arrefecimento	Lubrificação de Motores e Transmissão	Alimentação Diesel	Sistemas de Alimentação por Carburador	Sistemas de Ignição	Sistemas de Carga e Arranque
Sobrealimentação	Sistemas de Informação	Lâmpadas, Faróis e Farolins	Focagem de Faróis	Sistemas de Aviso Acústicos e Luminosos	Sistemas de Comunicação
Sistemas de Segurança Passiva	Sistemas de Conforto e Segurança	Embraiagem e Caixas de Velocidades	Sistemas de Transmissão	Sistemas de Travagem Hidráulicos	Sistemas de Travagem Antibloqueio
Sistemas de Direcção Mecânica e Assistida	Geometria de Direcção	Órgãos da Suspensão e seu Funcionamento	Diagnóstico e Rep. de Avarias no Sistema de Suspensão	Ventilação Forçada e Ar Condicionado	Sistemas de Segurança Activa
Sistemas Electrónicos Diesel	Diagnóstico e Reparação em Sistemas Mecânicos	Unidades Electrónicas de Comando, Sensores e Actuadores	Sistemas de Injecção Mecânica	Sistemas de Injecção Electrónica	Emissões Poluentes e Dispositivos de Controlo de Emissões
Análise de Gases de Escape e Opacidade	Diagnóstico e Reparação em Sistemas com Gestão Electrónica	Diagnóstico e Reparação em Sistemas Eléctricos Convencionais	Rodas e Pneus	Manutenção Programada	Termodinâmica
Gases Carburantes e Combustão	Noções de Mecânica Automóvel para GPL	Constituição e Funcionamento do Equipamento Conversor para GPL	Legislação Específica sobre GPL	Processos de Traçagem e Funcionamento	Processos de Corte e Desbaste
Processos de Furação, Mandrilagem e Roscagem	Noções Básicas de Soldadura	Metrologia	Rede Eléctrica e Manutenção de Ferramentas Eléctricas	Rede de Ar Comp. e Manutenção de Ferramentas Pneumáticas	Ferramentas Manuais
OUTROS MÓDULOS A ESTUDAR					
Introdução ao Automóvel	Desenho Técnico	Matemática (cálculo)	Física, Química e Materiais	Organização Oficial	
LEGENDA					
Módulo em estudo		Pré-Requisito			

CORPO DO MÓDULO

0 - INTRODUÇÃO

A electricidade, essa fada cuja misteriosa mão, tudo faz girar nos nossos dias sempre existiu desde que o mundo é mundo, pois andou sempre de braço dado com a matéria de que todas as coisas palpáveis são feitas.

Desde que a espécie humana surgiu na terra, sempre lhe foi dado observar, as manifestações indóceis e violentas da electricidade quando ela desencadeava sobre as suas cabeças, línguas de fogo rasgando os espaços acompanhados de tremendos estampidos.

Os próprios romanos, já muito dentro do reino da história imitando o modelo Grego, deixaram a questão no mesmo pé, pois imputavam as trovoadas à ira de Vulcano.

Foi preciso que o americano Benjamin Franklin viesse provar, com a perda da própria vida que afinal esses raios luminosos que riscam a atmosfera, não passam de simples correntes eléctricas de uma rapidez e intensidades terrivelmente impressionantes.

Já mais próximo dos nossos dias, George Simon Ohm contempla a existência eléctrica descrevendo assim a relação existente entre as grandezas eléctricas de intensidade, tensão e resistência.

O edifício até hoje construído, a que se dá o nome de Electricidade, ganhou desde há muito, grandeza e importância, sendo estas virtudes que nos preocupa manter estudando com grande rigor tudo aquilo que para os nossos antepassados era considerado como que uma ira mitológica.

Com isto, desprenda-se o formando de todo o conhecimento nocivo que convenceu a humanidade em tempos remotos, fechando-se com todos os colegas e formadores na sala bem iluminada, por forma a criar uma ideia mais actual, isenta de lendas e preconceitos, do que é realmente a energia eléctrica, conseguindo assim edificar todo o conhecimento desenvolvido até hoje à volta desse tema.

1 - CONSTITUIÇÃO DA MATÉRIA

1.1 - DEFINIÇÃO DA MATÉRIA

Matéria é tudo aquilo que podemos ver, sentir ou usar. Podemos definir matéria como sendo tudo aquilo que tem massa e ocupa lugar no espaço.

A matéria pode ser encontrada em três estados físicos:

Estado sólido

Estado líquido

Estado gasoso

Dependendo das condições de pressão e temperatura a que esteja sujeita, uma mesma matéria poderá ser encontrada em qualquer dos três estados enunciados anteriormente.

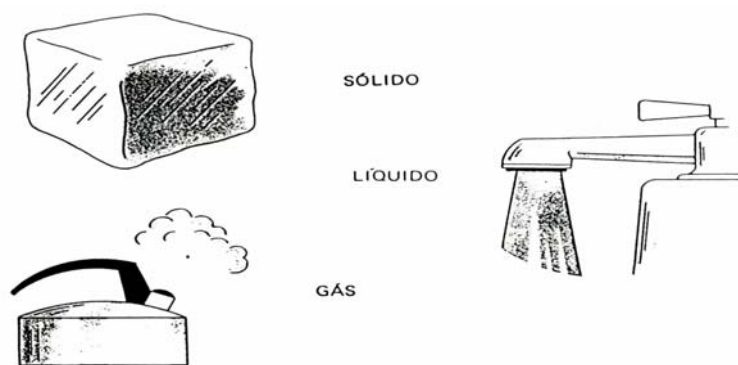


Fig. 1.1 – Os três estados da água

À temperatura ambiente e pressão atmosférica, na superfície terrestre, a pedra, a madeira e o ferro encontram-se no estado sólido da matéria, assim como a água, ou a gasolina apresentam-se no estado líquido.

Do mesmo modo, o oxigénio, o hidrogénio e o dióxido de carbono apresentam-se no estado gasoso da matéria.

À temperatura ambiente e pressão atmosférica, na superfície terrestre, a pedra, a madeira e o ferro encontram-se no estado sólido da matéria, assim como a água, ou a gasolina apresentam-se no estado líquido.

Do mesmo modo, o oxigénio, o hidrogénio e o dióxido de carbono apresentam-se no estado gasoso da matéria.

Toda a matéria é formada por materiais básicos, aos quais se dá o nome de elementos, tecnicamente falando, elementos químicos.

Por exemplo, o oxigénio, o hidrogénio, o carbono, o ferro, o cobre são todos eles elementos químicos que compõem um mapa que é denominado de tabela periódica.

Nesta tabela estão registados todos os elementos que protagonizam todas as reacções químicas que conhecemos até hoje.

Existem mais materiais que elementos, visto que da mistura de elementos, ou por outro lado, através de reacções químicas, da forma como os elementos se combinam, resultam o que designamos como substâncias compostas.

Por exemplo o oxigénio e o hidrogénio, como foi referido, são elementos que, quando combinados entre si, dão origem a uma substância composta denominada por água.

A combinação do elemento químico sódio (Na) com o elemento Cloro (Cl) dá origem ao cloreto de sódio, mais conhecido como sal de cozinha.

Na indústria automóvel, na concepção de motores, o ferro é o elemento dominante, mas com os esforços e atritos mecânicos a que ficaria sujeito, o ferro, sem outro componente associado, deformar-se-ia com grande facilidade.

Para atenuar esta situação, o elemento químico ferro (Fe) é composto ou combinado com o carbono em proporções calculadas por forma a dar origem ao aço.

O aço é, por sua vez, um composto químico metálico com muito mais rigidez mecânica que o ferro, na sua forma mais simples e mais elementar.

Da junção da quantidade mínima dos elementos que formam uma substância composta resulta uma molécula dessa mesma substância.

Por outras palavras, a molécula de uma substância composta é a parte mais pequena possível da matéria, com as mesmas características da substância composta que lhe deu origem.

Uma vez dividida a molécula, obtêm-se os elementos que a formam.

1.2 – O ÁTOMO

O átomo é a menor partícula que um elemento pode ser reduzido, mantendo as propriedades deste elemento.

Grande parte dos elementos químicos que nos rodeiam, principalmente os gases como o caso do oxigénio e do hidrogénio existem na natureza sobre a forma de molécula, ou seja, na forma molecular.

Para o caso do oxigénio e do hidrogénio esta molécula traduz-se num agrupamento de dois átomos do mesmo elemento. Símbolos químicos O_2 e H_2 .

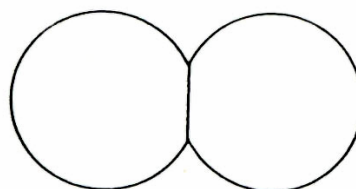


Fig.1.2 – Dois átomos de oxigénio agrupados formando uma molécula de oxigénio (O_2) tal como ela existe na atmosfera.

Seguindo o exemplo da água, se uma gota desta substância for reduzida ao seu menor tamanho possível, obteríamos uma molécula de água.

Reduzindo ainda esta molécula, chegaríamos aos átomos de hidrogénio e oxigénio.

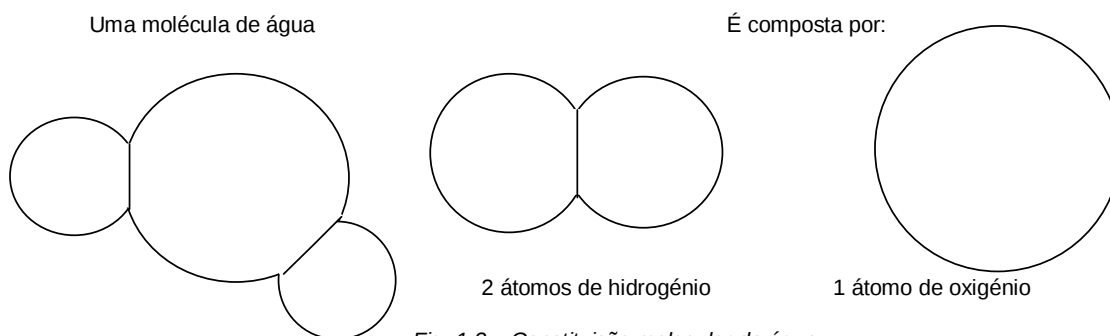


Fig. 1.3 – Constituição molecular da água
Fig. 1.3 - Constituição molecular da água

Da divisão de um átomo resultam partículas que se encontram em todos os elementos. Assim, o que confere as diferentes propriedades de cada elemento, é o número destas partículas subatómicas que compõem os seus átomos.

Para o estudo da electricidade, as partículas mais importantes que o átomo contém são:

Electrões

Protões

Neutrões

Os prótons e os neutrões encontram-se no centro, formando o núcleo do átomo, enquanto os electrões giram em torno do núcleo em órbita (ver Figura 1.4).

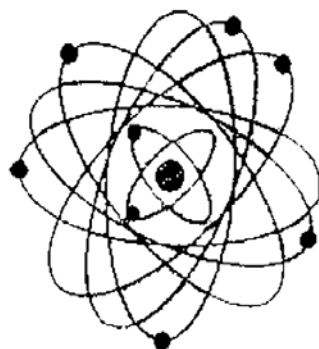


Fig. 1.4 - Átomo de Oxigénio

Trata-se dum modelo bastante semelhante ao sistema solar, sendo o núcleo do átomo o sol, sendo os electrões, os planetas orbitando em torno do sol.

Atendendo ao facto que corpos eléctricos de sinal contrário se atraem e cargas com o mesmo sinal se repelem, os prótons tendem a afastar-se uns dos outros. O mesmo acontece entre os electrões. Inversamente, os electrões e os prótons atraem-se mutuamente.

No entanto, apesar das forças de repulsão existentes entre os prótons, estes nunca se desagregam do núcleo, uma vez que os neutrões têm a função de os fixar.

Por sua vez, os electrões orbitam em torno do núcleo de maneira que a sua força de atracção para o núcleo (para os prótons), força centrípeta, seja igual à força centrífuga, força esta gerada pela translação em torno do núcleo que poderá levar os electrões a serem excluídos do átomo.

O número de prótons existente no núcleo determina as diferenças entre os átomos dos vários elementos e, consequentemente, dita a massa dos mesmos.

O protão é uma partícula de carga eléctrica positiva, como já foi referido. O neutrão é electricamente neutro servindo fundamentalmente, como massa fixadora do protão e garantia de estabilidade do núcleo.

Assim, resulta que o núcleo de qualquer átomo seja sempre positivo do ponto de vista eléctrico.

Os electrões têm carga negativa e participam do fluxo ou transferência de energia eléctrica, pois possuem uma grande facilidade de movimento.

Num átomo electricamente neutro, ou seja, estável, o número de electrões é igual ao número de protões por forma que a carga negativa seja igual á carga positiva.

O núcleo do átomo de hidrogénio contém um protão, o do carbono 6, do oxigénio 8, do silício 14 e do germânio 32.

Por esta razão, os diferentes elementos são identificados pelo seu número atómico, que nos indica o número de protões que existem no núcleo.

Num átomo, o número de electrões e de protões é igual para que as cargas eléctricas de sinal oposto se anulem. Devido à facilidade de movimento e reduzido peso dos electrões, o número destes pode ser alterado.

A alteração do número de electrões, faz com que a carga eléctrica dum átomo seja alterada, deixando este de ser neutro. Consequentemente deixará de ser denominado por átomo passando a chamar-se ião.

No caso de terem sido retirados electrões ao átomo, este passa a ter uma carga positiva, pois os protões são agora mais numerosos em relação aos electrões. Passa a haver maior abundância de carga positiva.

Nestas condições dá-se, ao átomo, o nome de ião positivo.

Se, pelo contrário, forem adicionados electrões ao átomo, a sua carga passa a ser negativa pela abundância de partículas electricamente negativas, tomando a átomo o nome de ião negativo.

Existem substâncias que devido à sua estrutura atómica não admitem o ganho ou a perda de electrões, não sendo portanto possível a obtenção de iões neste tipo de substâncias.

Assim, podemos concluir que nem todos os elementos químicos se podem facilmente combinar entre si, ou seja, não é possível constituir um composto com qualquer elemento químico, sendo necessário um estudo prévio do comportamento do átomo e da sua própria estrutura.

Assim nem todas as substâncias existentes na natureza se combinam por meios iónicos, trocando entre si electrões.

1.3 – CARGAS ELÉCTRICAS – IÃO POSITIVO E IÃO NEGATIVO

Às cargas eléctricas de um protão e de um electrão dá-se o nome de cargas electrostáticas, produzindo linhas de força, criando campos electrostáticos à sua volta.

A interacção desses campos pode provocar a atracção ou a repulsão das partículas carregadas electricamente.

Tal como foi visto anteriormente, a lei das cargas eléctricas estabelece que cargas com o mesmo sinal se repelem e cargas de sinal contrário se atraem.

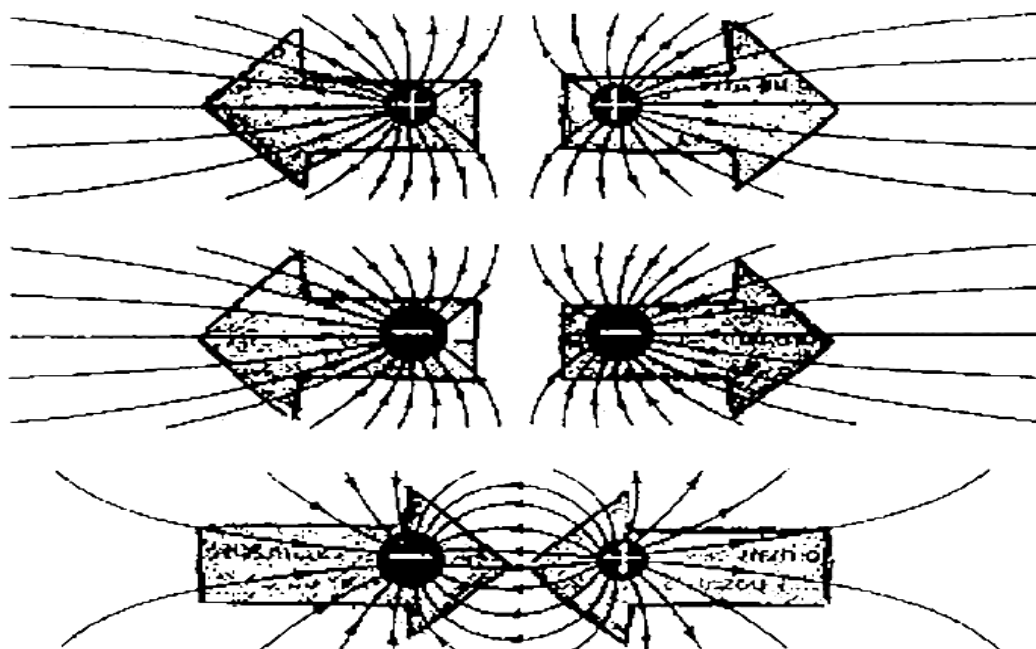


Fig. 1.5 - Comportamento das cargas eléctricas

Num átomo, o número de electrões e de protões é igual para que as cargas eléctricas de sinal oposto se anulem. Devido à facilidade de movimento e reduzido peso dos electrões, o número destes pode ser alterado.

A alteração do número de electrões, faz com que a carga eléctrica dum átomo seja alterada, deixando este de ser neutro. Consequentemente deixará de ser denominado por átomo passando a chamar-se ião.

No caso de terem sido retirados electrões ao átomo, este passa a ter uma carga positiva, pois os protões são agora mais numerosos em relação aos electrões. Passa a haver maior abundância de carga positiva.

Nestas condições dá-se, ao átomo, o nome de ião positivo.

Se, pelo contrário, forem adicionados electrões ao átomo, a sua carga passa a ser negativa pela abundância de partículas electricamente negativas, tomando a átomo o nome de ião negativo.

Se, pelo contrário, forem adicionados electrões ao átomo, a sua carga passa a ser nega-

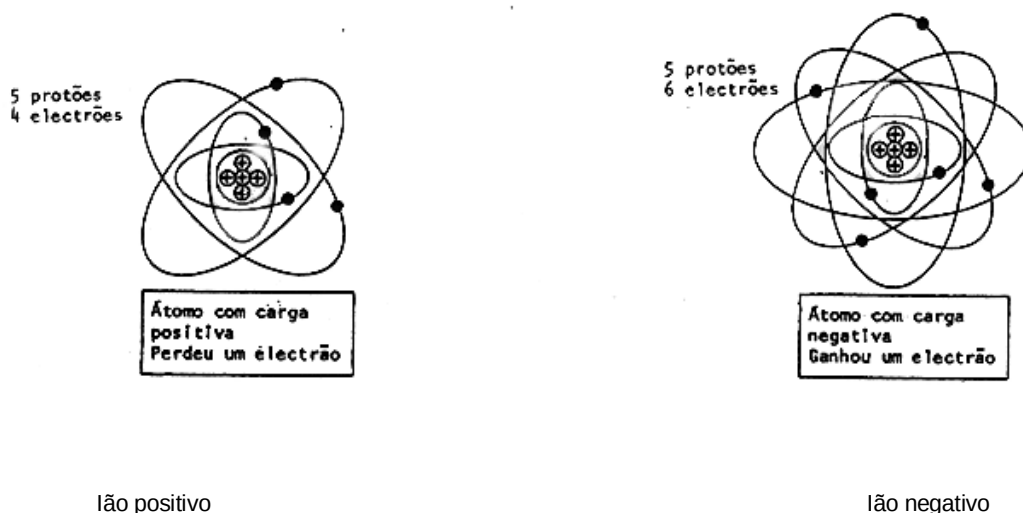


Fig.1.6 – Iões positivo e negativo

tiva pela abundância de partículas electricamente negativas, tomando a átomo o nome de ião negativo.

Existem substâncias que devido à sua estrutura atómica não admitem o ganho ou a perda de electrões, não sendo portanto possível a obtenção de iões neste tipo de substâncias.

Assim, podemos concluir que nem todos os elementos químicos se podem facilmente combinar entre si, ou seja, não é possível constituir um composto com qualquer elemento químico, sendo necessário um estudo prévio do comportamento do átomo e da sua própria estrutura.

Assim nem todas as substâncias existentes na natureza se combinam por meios iónicos, trocando entre si electrões.

2 – ELECTRICIDADE

2.1 – CLASSIFICAÇÃO DA ELECTRICIDADE

Até hoje ainda não foi possível determinar a verdadeira natureza da electricidade; a esse respeito apenas se fazem suposições, tal como para a gravidade, o calor e a luz.

Definir energia eléctrica é tão difícil como definir o termo energia, no entanto são bem conhecidos os efeitos produzidos pela electricidade, e isso permite tirar dela um grande partido, como as suas numerosas aplicações confirmam.

A electricidade pode classificar-se em:

Electricidade estática, ou electricidade em repouso;

Electricidade dinâmica, ou electricidade em movimento.

A electricidade estática aplica-se mais propriamente à electricidade obtida por, fricção como veremos adiante.

A electricidade dinâmica é a que tem maior relevância pois é aquela que se traduz pela corrente eléctrica que nós consumimos em nossas casas, por ser a responsável pela luz nos nossos lares e principalmente, é digna do nosso estudo por fazer a parte integrante do automóvel.

2.2 - NOÇÃO DE CONDUTOR E ISOLADOR

O que distingue estes dois grupos de substâncias, condutores e isoladores, é a sua capacidade de conduzir, ou transmitir, carga eléctrica.

O cobre, o latão, a prata, e em geral todos os metais, são bons condutores de electricidade.

O vidro, a borracha, a madeira a maioria dos plásticos, os óleos são maus condutores portanto são isoladores.

A característica física que permite a um material ser bom condutor é o facto de os electrões de valência do seu átomo (aqueles que se encontram na órbita exterior) estarem sujeitos a forças de atracção muito fracas, por parte do núcleo.

Como resultado, estes podem facilmente ser removidos do átomo e deslocarem-se pelo condutor, isto é, não estão permanentemente ligados a um só átomo.

Por outro lado, nos isoladores, os electrões de valência estão fortemente ligados ao átomo.

Existe ainda outra classe, os semicondutores que como o nome indica, a sua condutibilidade pode ser variada adicionando-lhes impurezas atómicas, em concentração variável.

Os semicondutores são a base de construção dos transístores, díodos e circuitos integrados, matéria mais do âmbito do campo da electrónica.

Estes semicondutores são substâncias que têm um comportamento tal como o nome indica: umas vezes conduzem corrente eléctrica, outras vezes comportam-se como isoladores, dependendo do relacionamento com materiais condutores que lhes são adicionados.

A Figura 2.1 mostra-nos a relação existente entre vários materiais em termos de condutibilidade.

A condutibilidade de um material é, como veremos de seguida, o inverso da sua resistência.

Quanto maior for o valor da condutibilidade de certa substância, melhor conduz corrente eléctrica.

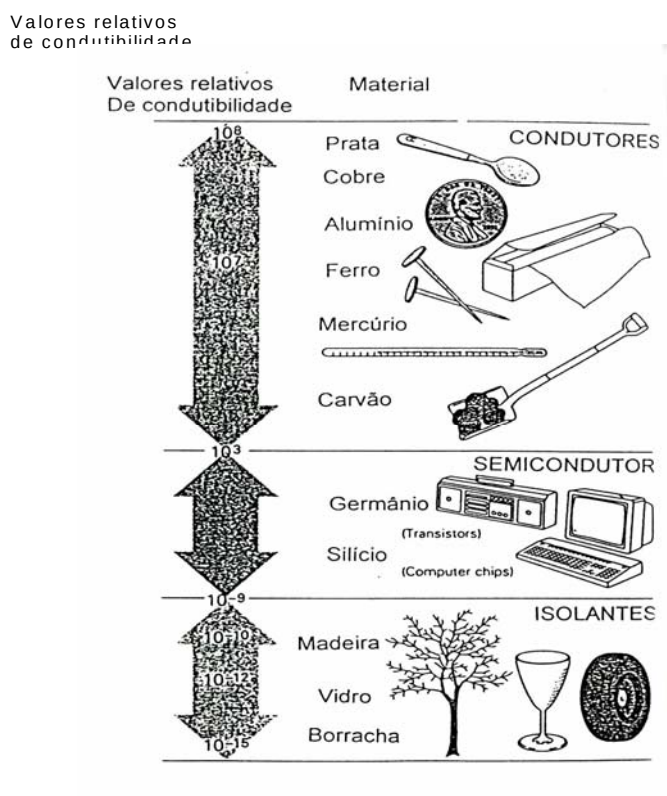


Fig. 2.1 - Condutibilidade entre materiais

2.3 - MODOS DE ELECTRIZAÇÃO

Um material torna-se electrizado quando um número elevado de átomos desse material perde ou ganha electrões. Conforme veremos adiante, existem diversos meios de efectuar tal processo.

2.3.1 – ELECTRIZAÇÃO POR FRICÇÃO

Friccionando uma vareta de vidro com um pano de lã ou de seda, e aproximando-a depois de pequenos pedaços de papel, verificamos que estes são atraídos para a vareta. A vareta depois de friccionada ficou electrizada positivamente e o pano de seda ficou electrizado negativamente.

Verifica-se que os electrões à superfície da vareta de vidro são facilmente desalojadas pelo atrito e pela fricção.

É um fenómeno deste género que provoca o aparecimento da electricidade estática num automóvel.

Por vezes, com tempo seco, ao sairmos do automóvel apanhamos um pequeno choque. Isto não é mais que uma descarga eléctrica provocada pela acumulação da carga electros-tática na carroçaria, ou nos ocupantes da viatura.

A electricidade estática surge no automóvel devido ao atrito ou à fricção do ar na carroçaria, à fricção da embraiagem, dos travões e do próprio condutor com os estofos.

Note-se que não é possível electrizar metais, se não houver o cuidado de os segurar por intermédio de um corpo isolador.

Na realidade e pelo que foi dito, a electrização desses corpos também se produz quando segurados pela mão, mas a electricidade desenvolvida reparte-se imediatamente por toda a sua superfície do corpo humano, escoando-se para a terra.

No exemplo da carroçaria metálica do automóvel devido à fricção do ar, ela fica electrizada uma vez que não se estabelece o contacto com a terra carregado negativamente.

Isto deve-se à existência dos pneus que constituem um isolador.

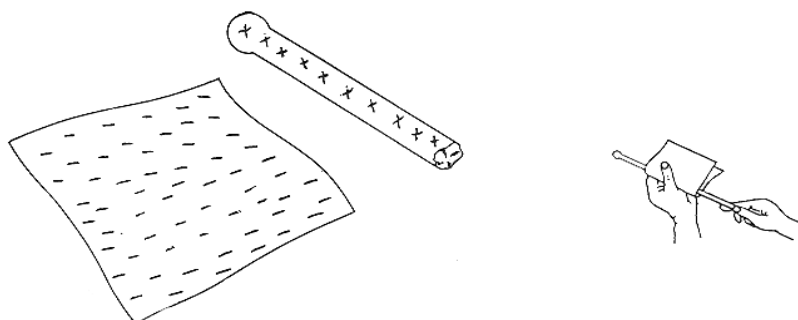


Fig. 2.2 - Electrização duma vareta de vidro com um pano de seda criando electricidade estática

2.3.2 - ELECTRIZAÇÃO POR CONTACTO

Se pusermos um corpo electrizado negativamente em contacto com outro de carga neutra, a sua carga negativa será transferida para o outro, electrizando-o também negativamente.

Se o corpo electrizado tiver uma carga positiva, o corpo neutro ficará com uma carga também positiva.

A este fenómeno dá-se o nome de electrização por contacto.

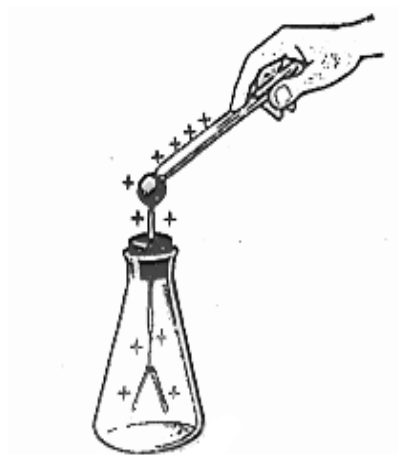


Fig. 2.3 - Electrização do electroscópio por contacto

2.3.3 - ELECTRIZAÇÃO POR INDUÇÃO

Se aproximarmos um corpo electrizado negativamente, sem tocar, a um corpo neutro que esteja ligado através de um condutor (por exemplo, o nosso dedo) à terra, os electrões deste último escapar-se-ão para a terra, sendo portanto estabelecido o contacto eléctrico com a terra.

Ao tirar o dedo, dado que os electrões não poderão voltar à origem, o corpo ficará com uma carga positiva.

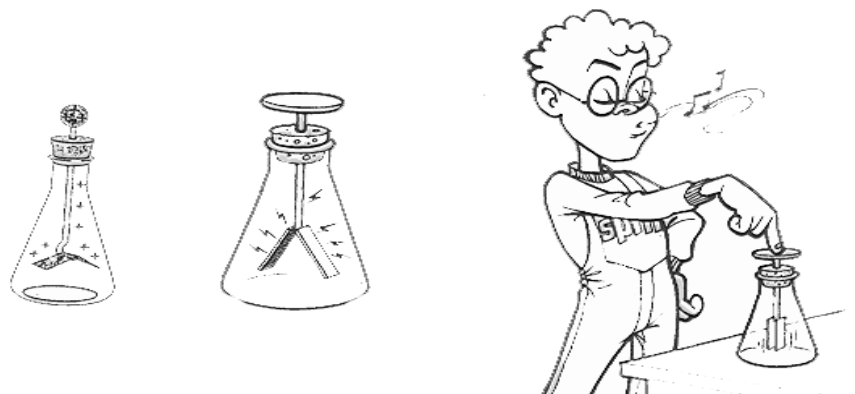


Fig.2.4 – Electrização por indução

Cargas electrostáticas podem ser desagradáveis (ou mesmo perigosas), mas também podem ser benéficas em algumas situações práticas.

Para quem repara certo tipo de equipamentos electrónicos bastante sensíveis a cargas electrostáticas, bem como para aqueles que o produzem, existe no mercado aparelhagem como pulseiras condutoras ou tapetes, por forma que o técnico reparador tenha sempre assegurada a ligação à terra.

Por outro lado, semicondutores mais complexos, como o caso de microprocessadores e alguns tipos de circuitos integrados, são postos à venda de uma forma bastante cuidada, como por exemplo, embrulhados em papel de alumínio, pelo motivo anteriormente descrito.

Qualquer manuseamento directo com a parte activa destes componentes pode ser fatal para o componente, porque a carga electrostática pode neste caso ser responsável pela sua avaria irreversível.

2.4 - MOVIMENTO ORIENTADO DE CARGAS ELÉCTRICAS

Nos átomos que compõem a estrutura dos metais, os electrões periféricos ou de valência são, em geral, em número de um, dois ou três.

Estes electrões estão ligados muito debilmente à sua orbita do átomo.

É costume chamar a estes electrões, debilmente ligados ao núcleo, movendo-se ao longo de todo o metal, electrões livres ou electrões de condução.

Esta mobilidade é tanto maior quanto maior for a temperatura a que o metal está sujeito.

Com o aumento da temperatura o número de electrões livres tende a aumentar num metal.

3 – ENERGIA ELÉCTRICA / ELECTRICIDADE DINÂMICA

3.1- POTENCIAL ELÉCTRICO, DIFERENÇA DE POTENCIAL

Se esfregarmos um pano de lã numa vareta de vidro, esta última fica, como já vimos, eletrizada positivamente e o pano negativamente.

A vareta de vidro, perde electrões para o pano de lã e adquire um potencial positivo.

O pano de lã, com maior abundância de electrões fica com um potencial negativo.

Entre a vareta de vidro e o pano de lã existe portanto uma diferença de potencial, que sendo bastante reduzida é impossível de ser fisicamente medida.

O aparelho mais conhecido que consegue manter uma diferença de potencial durante um tempo considerável é a pilha eléctrica ou bateria, que estudaremos adiante com mais pormenor.

A unidade em que se mede força electromotriz é o volt, podendo também à sua fonte, chamar-se fonte de tensão.

A bateria é o modo mais cómodo de armazenar a energia eléctrica, estando sempre presente aos terminais da bateria sob a forma de uma diferença de potencial eléctrico, á qual se dá igualmente o nome de força electromotriz.

A polaridade da fonte de tensão determina o sentido da corrente no circuito. A tensão fornecida pela fonte determina a intensidade da corrente, em função da carga do circuito.

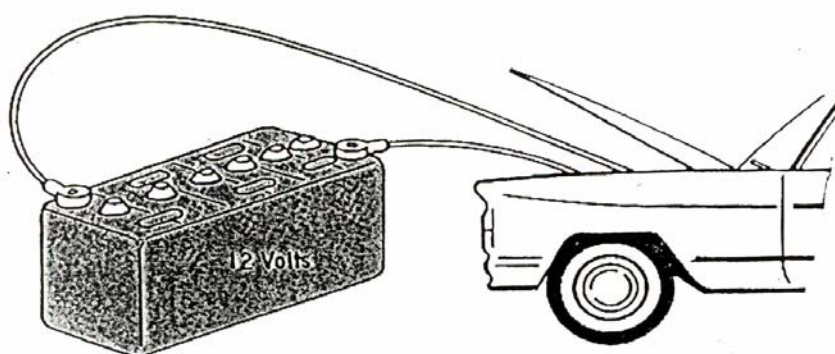


Fig.3.1 – Fonte de alimentação dum automóvel - Bateria

A fonte de tensão poderá alimentar o circuito com corrente contínua (caso de bateria do automóvel ou das pilhas de um rádio portátil) ou com corrente alternada (caso da rede eléctrica geral ou de um gerador / alternador).

A tensão ou diferença de potencial é representada com o símbolo V ou E e expressa na unidade Volt, com o símbolo V.

GRANDEZA		UNIDADE	
Designação	Símbolo	Designação	Símbolo
Tensão	V ou E	Volt	V

Tab.3.1 – Fonte de alimentação dum automóvel - Bateria

3.2- CORRENTE ELÉCTRICA

Tal como o exemplo da vareta de vidro electrizada e o pano de lã, se ligarmos os dois corpos por um fio condutor produzimos aquilo a que podemos denominar de descarga eléctrica, ou seja um movimento de electricidade de um corpo para o outro até que a diferença de potencial entre os dois corpos se anule.

Seguindo este exemplo, a descarga eléctrica dura muito pouco tempo porque, rapidamente, os dois corpos ficam ao mesmo potencial.

Fazendo a experiência de ligar um corpo electrizado à terra por meio de um fio metálico, pode verificar-se que ao fim de muito pouco tempo o corpo perde toda a sua carga eléctrica.

Isto acontece porque a terra, de dimensão muito grande, é capaz de fazer esgotar toda a carga de electricidade dos corpos que com ela comuniquem, absorvendo toda a energia eléctrica disponível. No entanto, criou-se um fluxo de cargas eléctricas entre o corpo e a terra.

Ao movimento das cargas electricamente carregadas dá-se o nome de corrente eléctrica.

No caso da electricidade estática existe corrente apenas durante um período de tempo bastante reduzido, por isso este tipo de electricidade é pouco útil, servindo para pouco mais que um modelo didáctico.

No domínio da electricidade dinâmica, tratamos de correntes eléctricas temporárias.

3.2.1 – MECANISMO DA CORRENTE ELÉCTRICA

Entre os pólos da bateria dum automóvel, existe uma diferença de potencial. Ligando-os por um fio metálico a um aparelho detector da passagem de corrente (uma simples lâmpada por exemplo) este aparelho revelará a existência da corrente eléctrica.

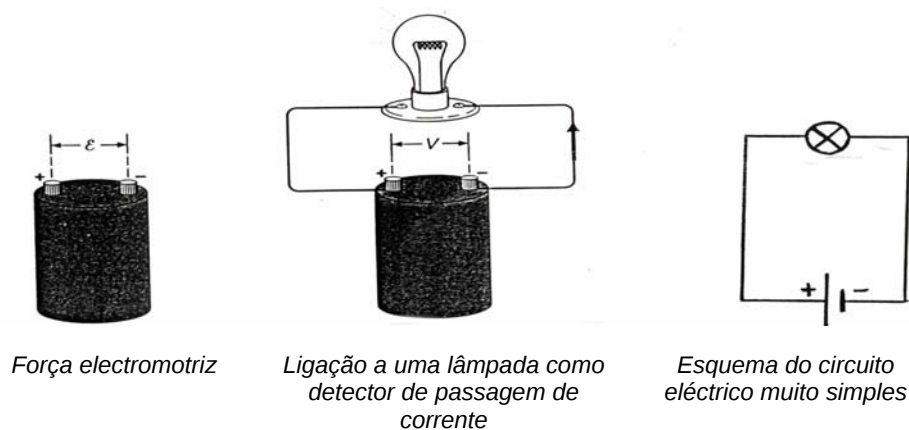


Fig. 3.2 - Circuito eléctrico simples

Antes do estabelecimento da corrente eléctrica, existem, no fio, electrões de condução, os tais electrões de valência que movem-se livre e caoticamente, entre os átomos passando de uns para os outros.

O movimento de cada electrão entre órbitas de dois átomos vizinhos, é muito rápido e muito irregular.

Após o estabelecimento da corrente, os electrões livres passam a orientar-se, predominantemente num determinado sentido (dos menores potenciais para os maiores potenciais) e vão progredindo, lenta mas regularmente.

A luminosidade de uma lâmpada depende da intensidade da corrente que a percorre.

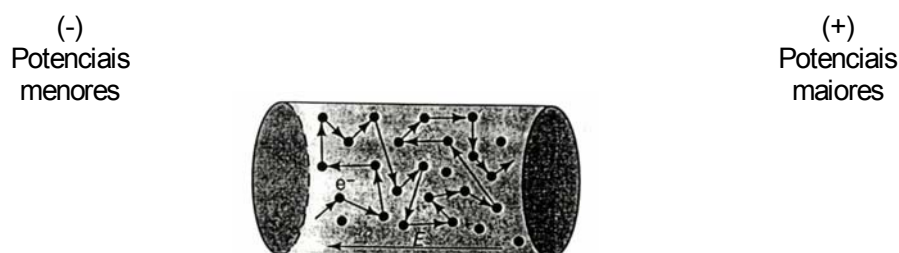


Fig. 3.3 - Deslocamento do electrão ao longo dum condutor quando estabelecida uma corrente eléctrica

Então, se os electrões progridem tão lentamente, como compreender que ao fechar o interruptor de um circuito, por exemplo, em nossas casa, aparelhos por vezes tão distantes acendem instantaneamente?

Os electrões ao propagarem-se vão encontrando pela frente não só os átomos do metal como outros electrões com os quais interactuam por meio de forças repulsivas.

Basta o movimento dum electrão livre no início do condutor para provocar o andamento de toda a corrente electrónica. Imagine um comboio quase tão comprido quanto a distância entre duas estações, quando o comboio avança um pouco, já chegou à próxima estação. O mesmo acontece com a corrente eléctrica, sendo, os electrões o meio de transmissão de carga eléctrica.

As correntes eléctricas consistem em fluxos orientados de partículas portadoras de carga eléctrica (os electrões nos metais).

- Só ocorrem quando existe uma diferença de potencial.

O fluxo de corrente dependerá da quantidade de electrões que se movem numa mesma direcção e sentido, isto é, depende da quantidade de energia que lhes for aplicada.

A intensidade de corrente eléctrica (quantificação da corrente eléctrica) é representada com o símbolo " I " e a unidade em que vem expressa é o Ampere (A).

GRANDEZA		UNIDADE	
Designação	Símbolo	Designação	Símbolo
Corrente	I	Ampere	A

Tab.3.2 – Grandeza corrente eléctrica

3.2.2 – SENTIDOS DA CORRENTE ELÉCTRICA

O sentido real da corrente eléctrica, visto que é provocada pelo movimento dos electrões, é sempre do polo negativo (-) para o pólo positivo (+) da pilha ou bateria.

No entanto, nos primórdios da electricidade, pensou-se que a corrente seria devida ao movimento das cargas positivas, à semelhança das deslocções das massas de ar na atmosfera. Assim ficou estipulado que o sentido de corrente seria do positivo para o negativo. Para o estudo de circuitos adopta-se esta definição, estipulando-se que a corrente é positiva no sentido de (+) para (-).

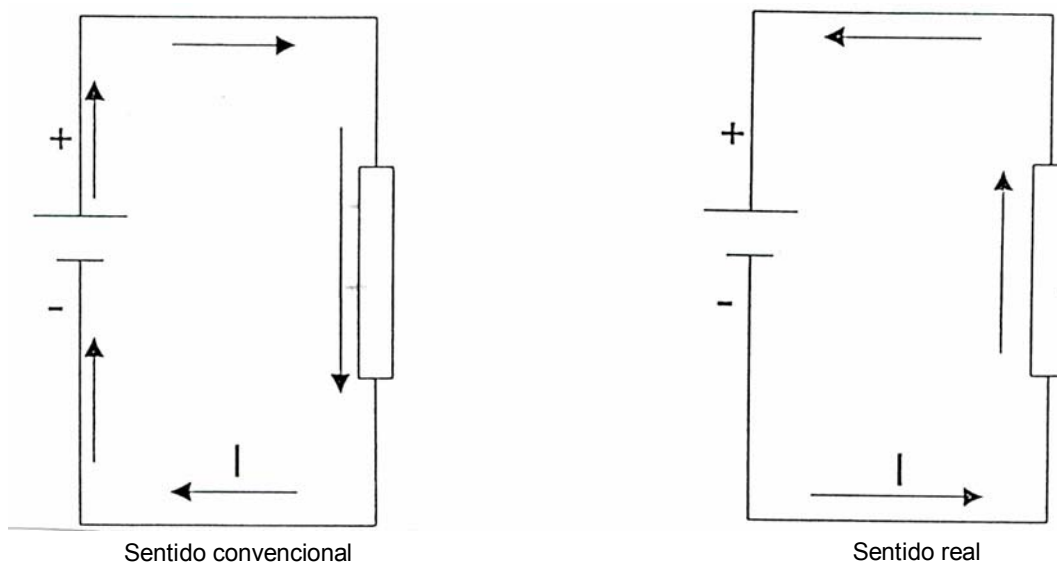


Fig.3.4 – Sentidos da corrente eléctrica

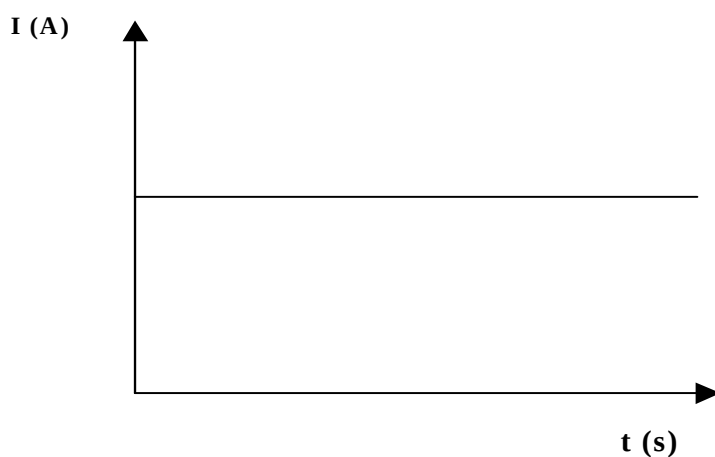
3.2.3 – CORRENTE CONTÍNUA

Designa-se por corrente contínua, o fluxo de corrente originado pelo movimento dos electrões do pólo negativo para o pólo positivo, sem alteração do sentido, ou seja, sem alteração de polaridade.

A fonte que origina este fenómeno é designado como fonte de corrente contínua, e sempre que for utilizada num circuito, este designar-se-á como circuito de corrente contínua.

A corrente contínua pode ser designada por CC (corrente contínua) ou por DC (em inglês direct-current).

No gráfico seguinte podemos constatar que não existe variação, ao longo do tempo, do valor da intensidade da corrente.



Corrente contínua

Graf. 3.1 - Corrente contínua ao longo do tempo

3.2.4 – CORRENTE ALTERNADA

Existe um tipo de corrente que não mantém o mesmo sentido. O fluxo de electrões dá-se nos dois sentidos alternadamente. Este tipo de corrente designa-se por corrente alternada e pode ser representada por AC (em inglês alternating-current).

Como em qualquer circuito, a corrente desloca-se do pólo negativo para o pólo positivo, só que neste caso, a polaridade da fonte de alimentação é alternada constantemente com uma determinada frequência.

Este tipo de fonte é designada por fonte de corrente alternada e os circuitos alimentados por ela são designados circuitos de corrente alternada, ou circuitos AC.

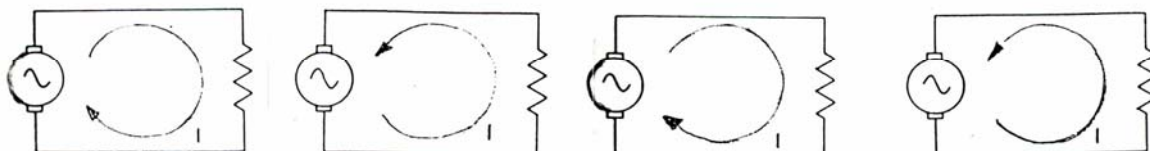
A corrente alternada é muito mais utilizada como fonte primária de energia eléctrica do que a corrente contínua.

Isto deve-se ao facto de o transporte a longas distâncias deste tipo de energia ser mais fácil e

económico e por se conseguir um elevado rendimento em determinadas aplicações práticas.

No entanto a corrente contínua não se tornou obsoleta, pois tem aplicação no campo da electrónica, sendo este um dos principais pilares do nosso desenvolvimento tecnológico.

Nas figuras seguintes podemos ver a variação do sentido da corrente num circuito à medida que a polaridade da fonte de alimentação varia.



Intervalo de tempo de 0 a 4 seg. Intervalo de tempo de 4 a 8 seg. Intervalo de tempo de 8 a 12 seg. Intervalo de tempo de 12 a 16 seg.

Fig. 3.5 - Variação do sentido da corrente num circuito

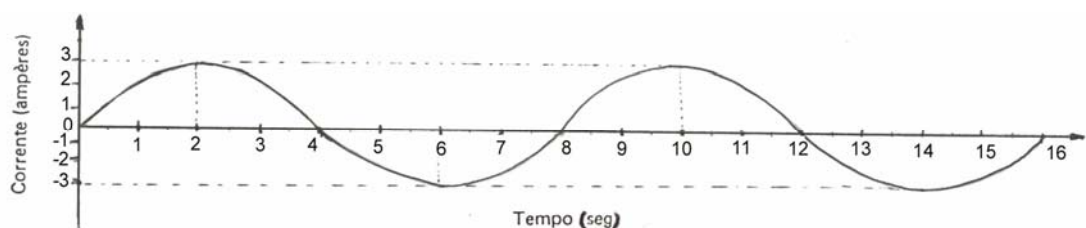


Fig. 3.6 - Variação da intensidade da corrente

3.3 – RESISTÊNCIA ELECTRICA

3.3.1 – DEFINIÇÃO DE RESISTÊNCIA

Em electricidade, o termo resistência significa a oposição que um material provoca á passagem de corrente eléctrica.

Se ligarmos primeiro uma só lâmpada (a), depois duas (b) e por fim três lâmpadas (c) iguais, em serie, a uma mesma bateria, notar-se-á que a luz emitida pelas lâmpadas irá sucessivamente diminuindo como se vê pela figura 3.7.

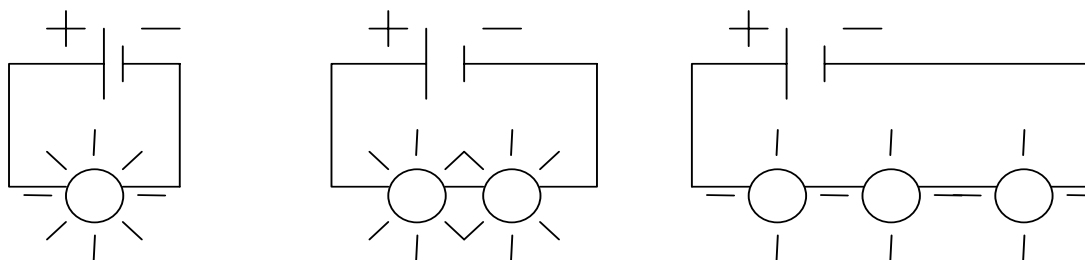


Fig. 3.7 - Variação de resistência eléctrica

Conclui-se que a intensidade da corrente diminui à medida que se vai aumentando o número de lâmpadas intercaladas no mesmo circuito.

É o mesmo que dizer que, ao aumentar o número de lâmpadas, aumenta-se o número de resistências no circuito criando uma dificuldade progressivamente maior à passagem da corrente eléctrica.

Assim diz-se que resistência é a dificuldade imposta à passagem de corrente eléctrica no circuito.

A resistência eléctrica depende de vários factores.

Depende do comprimento do condutor, pois como acabamos de ver, quanto maior for a extensão dum circuito maior será a sua resistência eléctrica.

Por outro lado, a secção dum condutor também é um factor preponderante para o cálculo de uma resistência eléctrica. Se a secção do condutor for pequena, haverá menor propagação de corrente eléctrica uma vez que o “caudal” será menor proporcionalmente a sua resistência será elevada.

Por sua vez, se a secção do condutor for elevada, haverá circulação de corrente eléctrica com facilidade, de tal forma que leva a concluir que neste caso, a sua resistência será pequena.

É um fenómeno comparável a uma conduta de água. Se a conduta tiver uma secção pequena, a água terá maior dificuldade em escoar.

Pelo contrário, se a secção for superior, a água fluirá rapidamente, podendo-se transportar maior caudal do mesmo líquido.

A resistência eléctrica é um dos factores igualmente importante, e é característica própria do material que compõe o condutor.

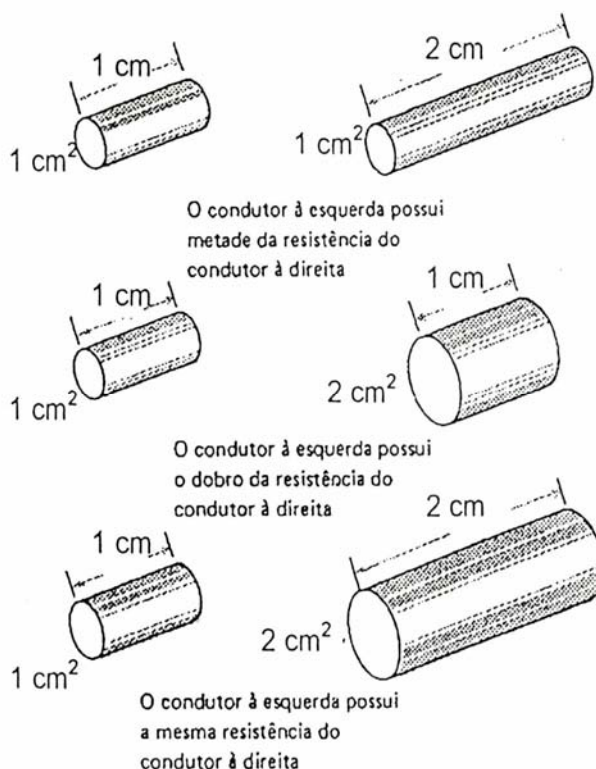


Fig.3.8 – Variação da resistência de um fio condutor em função da secção e comprimento.

A resistência eléctrica, além de depender das dimensões do condutor, é também variável com a sua natureza, isto é, dois condutores com as mesmas dimensões, um de cobre e outro de ferro possuem resistências diferentes, varia neste caso apenas a sua resistividade.

A resistividade é uma característica de cada material sendo numericamente variável para cada tipo de metal.

3.3.2 – CÁLCULO DE RESISTÊNCIA DE MATERIAIS

Para calcularmos a resistência de um fio ou cabo condutor, como vimos anteriormente, temos de ter em conta o tipo de material que o constitui, a secção transversal à passagem de corrente e o seu comprimento.

Vamos desprezar a variação de temperatura e admitir, para efeito de cálculo, a temperatura ambiente de 21°C.

A fórmula que nos permite calcular a resistência eléctrica, em função de sua natureza é a seguinte:

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

Onde:

R = Resistência do cabo expressa em Ohm (Ω)

ρ = Resistividade do material a 21°C expressa em ($\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$).

L = Comprimento do cabo, expresso em metros (m)

S = Secção transversal do cabo, expressa em (mm^2)

Exemplo de cálculo:

Consideremos um cabo eléctrico de um automóvel com um comprimento de 2m, com um diâmetro de 2mm e uma resistividade a 21°C de $0,017 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$.

TABELA DE RESISTIVIDADE ELÉCTRICA DE ALGUMAS SUBSTÂNCIAS

METAL	RESISTIVIDADE ELÉCTRICA ($\Omega \text{ mm}^2/\text{mm}^2$)
Alumínio	0,0265
Cobre	0,0172
Estanho	0,115
Ferro	0,10
Níquel	0,078
Ouro	0,0244
Prata	0,0159
Platina	0,0220
Zinco	0,058

Dados:

$$\rho = 0,017 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$L = 2\text{m}$$

$$d = 2 \text{ mm}$$

$$S = \pi \times \frac{d^2}{4} = 3,14 \times \frac{2^2}{4} = 3,14 \text{ mm}^2$$

$$R = \rho \times \frac{L}{S} = 0,017 \times \frac{2}{3,14} = 0,0108 \Omega = 10,8 [m \Omega]$$

Resultado:

Como se verifica pelo resultado, a resistência do cabo eléctrico é bastante baixa, uma vez que tem como objectivo provocar o mínimo de quedas de tensão.

3.3.3 – INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA

Outro factor que influencia grandemente a resistência de um material é a temperatura.

A maior parte dos materiais, especialmente metálicos, vêem a sua resistência eléctrica aumentada quando se dá o aumento da temperatura.

Este fenómeno é qualificado e quantificado por uma grandeza que tem por nome de coeficiente de temperatura.

Quando o coeficiente de temperatura é positivo significa que aumentando a temperatura, aumenta proporcionalmente a resistência eléctrica do material. São exemplos de materiais com coeficientes de temperatura positivo, o cobre, o alumínio, o ferro, etc.

Por sua vez, quando o material possui um coeficiente de temperatura negativo significa que com o aumento da temperatura a resistência eléctrica diminui.

O carvão e o carbono são exemplos de materiais com coeficientes de temperatura negativos.

3.3.4 – RESISTÊNCIAS – COMPONENTES

Nos circuitos eléctricos são usados muitas vezes componentes, que através da dificuldade que impõem à passagem de corrente, a limitam. Este componentes são as resistências.

As principais características que as distinguem são o seu valor de resistência, em Ohm, e a sua potência, ou seja, a sua capacidade de dissipar o calor gerado pela passagem da corrente eléctrica. O seu valor de potência indica-nos qual o valor nominal de corrente que poderá atravessar a resistência.



Fig. 3.9 - Configurações de resistências

Podemos considerar três grandes grupos de resistências, as **fixas** e as **variáveis**

As **resistências fixas** são componentes que mantêm o seu valor praticamente constante, independentemente das condições de trabalho e do meio ambiente.



Fig. 3.10 - Resistência fixa

As resistências variáveis permitem a variação do seu valor manualmente ou automaticamente de várias condições, num determinado intervalo, por exemplo, de 0 a 100 Ω .

Dentro das resistências variáveis podemos definir vários tipos:

Potenciômetros

Permitem a variação manual da resistência. São utilizados, por exemplo, na variação da intensidade luminosa do painel de instrumentos.

Existem à venda no mercado dois tipos de potenciômetros:

Os potenciômetros de ajuste que uma vez intercalados no circuito destinam-se a uma única regulação permanecendo o resto da sua vida com aquele valor.

Os potenciômetros de regulação permanente como por exemplo o botão de volume do auto-rádio que a qualquer momento está acessível a ser variado

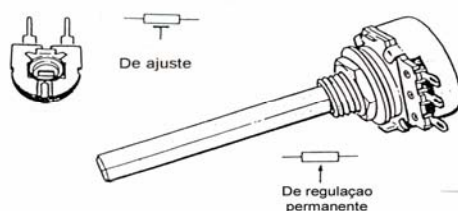


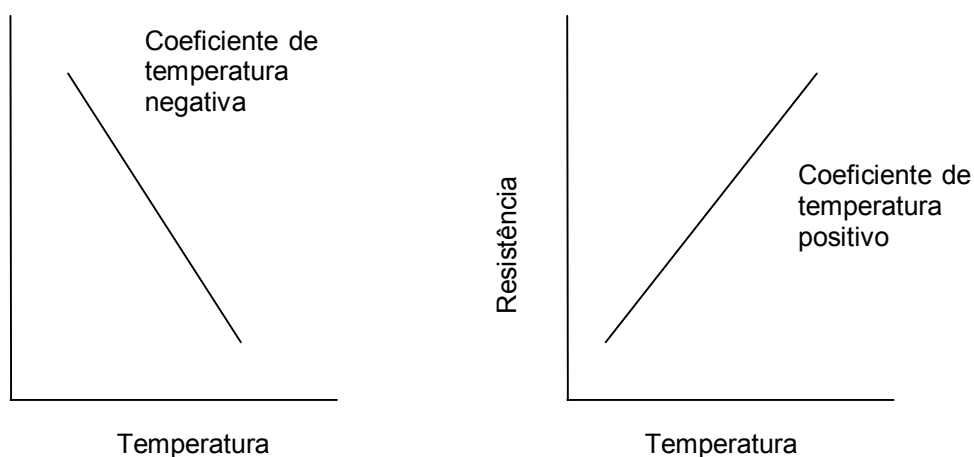
Fig. 3.11 - Potenciômetros

No ponto 3.3.3 falámos da influência da temperatura nas resistências.

Existem resistências construídas com materiais com coeficientes de temperatura negativos ou positivos denominados respectivamente NTC ou PTC.

Estas resistências têm hoje em dia um papel muito específico pelo que são já pouco utilizadas.

Uma resistência possui um coeficiente de temperatura positivo, resistência PTC (do inglês positive temperature coefficient), se o seu valor aumentar com o aumento de temperatura.



Graf.3.2 – Variação da resistência com a temperatura para o caso das resistências NTC e PTC

Se o valor da resistência diminuir com o aumento da temperatura, então possui um coeficiente de temperatura negativo, resistência NTC (do inglês negative temperature coefficient).

Estes tipos de resistência são usadas por exemplo, como parte integrante de sondas nos sistemas de ar condicionado automático dos automóveis.

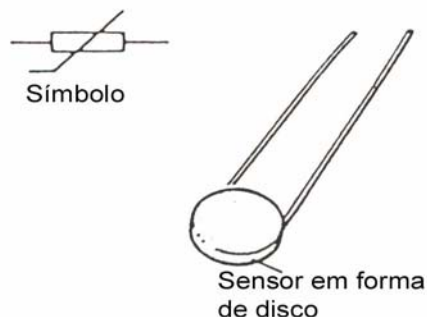


Fig. 3.12 - Resistência com coeficiente de temperatura negativa NTC

Existem igualmente, resistências variáveis com a luz (LDR) variam o seu valor com a intensidade de luz captada pelo seu sensor.

São geralmente utilizadas em alguns sistemas de alarme como detecção de intrusos no interior do automóvel.

São utilizados LDR, em sistemas automáticos de iluminação pública.

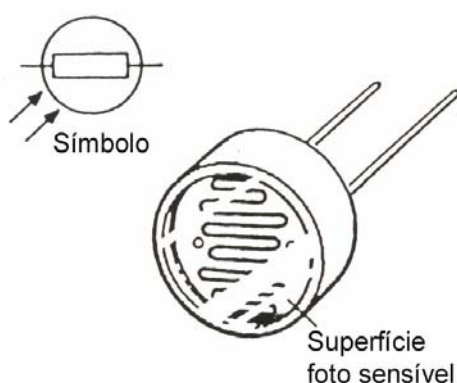


Fig. 3.13 - Resistência variável com a luz LDR

Identificação das resistências

Devido ao seu pequeno tamanho, seria difícil inscrever as características da resistência por extenso no invólucro. Por isto, foi definido um código de cores que nos indica qual o seu valor Ohmico e a sua tolerância. A tolerância indica-nos que o valor da resistência poderá diferir um pouco do indicado pelo código de cores. Existem resistências com 5%, 10% e 20% de tolerância.

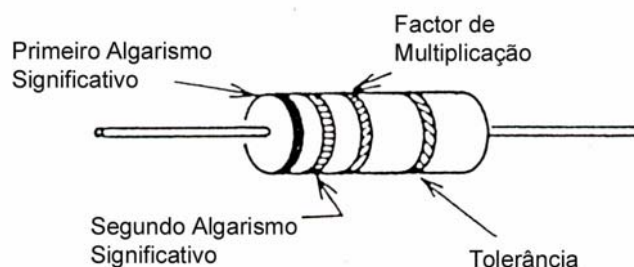


Fig. 3.14 - Representação do código no invólucro

De seguida, apresentamos uma tabela com os códigos de cores:

TABELA DE CÓDIGO DE CORES			
COR	ALGARISMO SIGNIFICATIVO	FACTOR DE MULTIPLICAÇÃO	TOLERÂNCIA
PRETO	0	1	-
CASTANHO	1	10	-
VERMELHO	2	100	-
LARANJA	3	1 000	-
AMARELO	4	10 000	-
VERDE	5	100 000	-
AZUL	6	1 000 000	-
VIOLETA	7	10 000 000	-
CINZA	8	100 000 000	-
BRANCO	9	1 000 000 000	-
DOURADO	-	0,1	± 5%
PRATEADO	-	0,01	± 10%
SEM FAIXA	-	-	± 20%

Tab.3.3 – Tabela de código de cores

Exemplo (Fig.3.15):

1º algarismo significativo = 4

2º algarismo significativo = 7

Factor de multiplicação = 10 000

Tolerância = 5%

$$R = 47 \times 10\,000 = 470\,000\,\Omega = 470\,\text{K}\Omega \pm 5\%$$

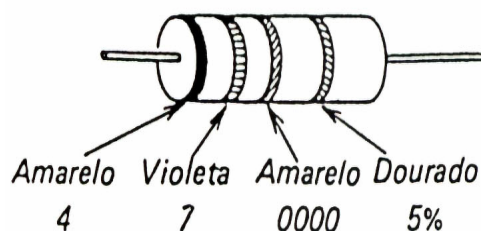


Fig. 3.15 - Código de cores

3.4 - UNIDADES ELÉCTRICAS, MÚLTIPLOS E SUBMÚLTIPLOS

3.4.1 – DIFERENÇA DE POTENCIAL OU TENSÃO

A diferença de potencial, ou tensão eléctrica expressa-se em Volt, com o símbolo V.

Tal como no caso anterior, existe a necessidade do uso de múltiplos e submúltiplos da unidade.

Unidade	Múltiplos e submúltiplos	
	Símbolo	Designação
1 000 V	1 kV	1 quilo volt
0,001 V	1 mV	1 mili volt
0,000001 V	1 μ V	1 micro volt

Tab.3.4 – Múltiplos e submúltiplos da unidade de tensão

Exemplos de cálculo:

$$1 \text{ kV} = 1\,000 \text{ V} = 1\,000\,000 \text{ mV} = 1\,000\,000\,000 \mu\text{V}$$

$$250 \text{ mV} = 250/1\,000 \text{ V} = 0,25 \text{ V}$$

$$250 \mu\text{V} = 250/1\,000\,000 \text{ V} = 0,00025 \text{ V}$$

$$12 \text{ V} = 12 \times 1\,000 \text{ mV} = 12\,000 \text{ mV}$$

$$12\,000 \text{ V} = 12/1\,000 \text{ kV} = 12 \text{ kV}$$

Os valores de tensão num automóvel podem ser de ordem dos Volt (V), 12 [V] para a bateria e iluminação, 5 [V] para circuitos electrónicos, gestão electrónica bem como para sensores e actuadores eléctricos.

No sistema de ignição de um automóvel a gasolina, no momento da faísca, a tensão pode subir aos 40 mil Volt (40 kV), apesar de serem apenas aproveitados entre 5 a 10 kV para a faísca.

3.4.2 – CORRENTE ELÉCTRICA

Como já foi dito, a corrente eléctrica expressa-se pela unidade Ampere, com o símbolo A.

Os mais variados circuitos trabalham com intensidade de corrente que podem ser milhões de vezes mais pequenos que o seu valor unitário, ou muito maiores que este.

Unidade	Múltiplos e submúltiplos	
	Símbolo	Designação
1 000 A	1 kA	1 quilo ampere
0,001 A	1 mA	1 mili ampere
0,000001 A	1 μ A	1 micro ampere

Tab.3.5 – Múltiplos e submúltiplos da unidade de corrente eléctrica

Exemplos de cálculo:

$$1 \text{ kA} = 1\,000 \text{ A} = 1\,000\,000 \text{ mA} = 1\,000\,000\,000 \mu\text{A}$$

$$360 \text{ mA} = 360/1\,000 \text{ A} = 0,36 \text{ A}$$

$$360 \mu\text{A} = 360/1\,000\,000 \text{ A} = 0,00036 \text{ A}$$

$$2 \text{ A} = 2/1\,000 \text{ kA} = 0,002 \text{ kA}$$

$$2 \text{ A} = 2 \times 1\,000 \text{ mA} = 2\,000 \text{ mA}$$

$$2 \text{ A} = 2 \times 1\,000\,000 \mu\text{A} = 2\,000\,000 \mu\text{A}$$

Num automóvel, os valores de intensidade da corrente podem ser da ordem dos miliampères (mA) nos circuitos de gestão electrónica ou iluminação da instrumentação, da ordem dos Amperes (A), para a iluminação exterior ou algumas centenas de Amperes, embora momentaneamente, no sistema de arranque.

3.4.3 – RESISTÊNCIA

A unidade em que se expressa a resistência eléctrica é o Ohm (Ω). A resistência apresenta valores que podem variar entre os milionésimos de Ohm até aos milhões de Ohm. Torna-se, então, bastante útil o emprego dos seus múltiplos e submúltiplos.

Unidade	Múltiplos e submúltiplos	
	Símbolo	Designação
1 000 000 Ω	1 M Ω	1 Mega Ohm
1 000 Ω	1 kV Ω	1 quilo Ohm
0,001 Ω	1 mV Ω	1 mili Ohm
0,000001 Ω	1 $\mu\Omega$	1 micro Ohm

Exemplos de cálculo:

$$1 \text{ M}\Omega = 1\,000 \text{ k}\Omega = 1\,000\,000 \Omega = 1\,000\,000\,000 \text{ m}\Omega = 1\,000\,000\,000\,000 \mu\Omega$$

$$3\,400\,000 \Omega = 3,4/1\,000\,000 \text{ M}\Omega = 3,4 \text{ M}\Omega = 3\,400 \text{ k}\Omega$$

$$34\,000 \Omega = 34/1\,000 \text{ M}\Omega = 34 \text{ k}\Omega$$

$$340 \text{ m}\Omega = 340/1\,000 \Omega = 0,34 \Omega$$

$$340 \mu\Omega = 340/1\,000\,000 \Omega = 0,00034 \Omega$$

Os componentes utilizados nos automóveis apresentam os mais variados valores de resistência, podendo variar entre m Ω , caso dos cabos eléctricos, velas de incandescência, resistência do isqueiro, enrolamento primário da bobina de ignição dos modernos sistemas de ignição, e os k Ω , caso do enrolamento secundário da bobina de ignição, cabos de alta tensão, sensores de indução.

4 – LEI DE OHM

4.1 – DEFINIÇÃO DA LEI DE OHM

Quando aos extremos de um condutor de resistência R [Ohms] se aplica uma tensão V [Volt], produz-se nele uma corrente de intensidade I [Amperes], dada pela formula:

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

Esta é a expressão da lei de ohm que se anuncia do seguinte modo:

A intensidade da corrente que percorre um condutor é igual ao quociente da tensão aplicada aos extremos desse condutor pela resistência do mesmo.

Daquela formula tira-se:

$$V = RI$$

A lei de ohm pode pois enunciar-se de outras maneiras:

A diferença de potencial entre os dois extremos de um condutor é igual ao produto da resistência eléctrica pela intensidade da corrente que o percorre.

De qualquer das fórmulas anteriores deduz-se ainda:

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

Esta é a formula principal, talvez a mais memorável da lei de ohm, (ver Figura 4.1).

A resistência de um condutor é igual ao quociente da tensão pela intensidade de corrente que o percorre.

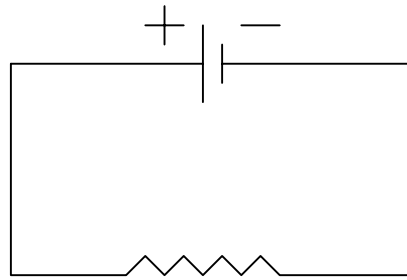


Fig.4.1- Circuito eléctrico simples de aplicação da lei de Ohm.

Para uma dada diferença de potencial

$V = \text{constante}$

O quociente é $\frac{V}{I}$ tanto maior quanto menor for a intensidade I e portanto, quanto maior for a resistência do condutor.

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

Num circuito fechado submetido a uma determinada tensão gera-se uma corrente, à qual se opõe a sua resistência podemos então concluir que existe uma relação entre estas três grandezas eléctricas. George Simon Ohm, após várias experiências, demonstrou que a intensidade de corrente (I) num circuito é directamente proporcional à tensão (V) a ele aplicada e inversamente proporcional à resistência (R).

Assim, se a resistência num circuito for mantida constante, aumentando-se a tensão na fonte, a intensidade da corrente aumentará. Por outro lado, uma diminuição do valor da tensão corresponderá a um decréscimo do valor da corrente. Da mesma forma, mantendo a tensão constante e aumentando o valor da resistência, a intensidade de corrente diminuirá. Diminuindo a resistência, o valor da corrente aumentará. Este postulado é conhecido por lei de Ohm.

A lei de Ohm é expressa pelas seguintes equações:

$$I = \frac{V}{R} \quad \text{ou} \quad R = \frac{V}{I} \quad \text{ou} \quad V = R \times I$$

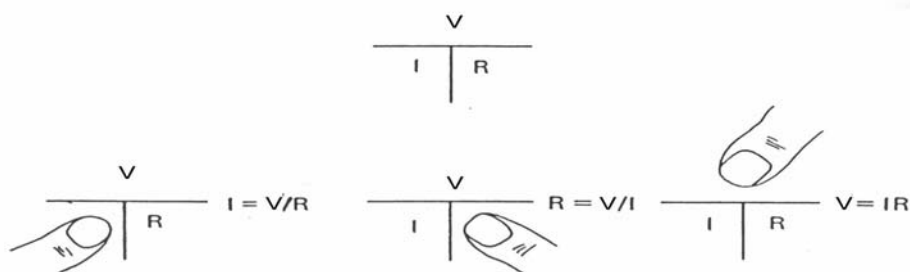


Fig.4.2 – Memorização das equações da lei de Ohm. Quando um dos símbolos é tapado, os outros dois representam o segundo membro da equação que determina o seu valor.

É de notar que, com estas condições, conhecendo dois dos três elementos do circuito, podemos facilmente calcular o terceiro. É muito importante compreender e memorizar estas equações, uma vez que são muito utilizadas no estado e no trabalho prático dos circuitos eléctricos.

A resistência eléctrica é representada por R e a sua unidade característica é o Ohm, em homenagem ao físico alemão George Simon Ohm, cujo símbolo é a letra grega Ohmega (Ω).

GRANDEZA		UNIDADE	
Designação	Símbolo	Designação	Símbolo
Resistência	R	Ohm	Ω

Tab.4.1 – Grandeza de resistência eléctrica

Para que a explicação seja clara, é conveniente representar graficamente esta relação.

Para isso utiliza-se um método matemático. Se uma magnitude g depende de uma Segunda magnitude X , diz-se que g é a função de X . [$g = F(x)$].

Para representar graficamente a função $g = f(x)$ utiliza-se o sistema de coordenadas cartesianas, em que a magnitude independente representa-se no sentido horizontal, e denomina-se eixo de x , ou abcissa.

A magnitude dependente representa-se verticalmente denominada de eixo **Y**, ou ordenada. Cada par de valores **Y**, **X**, representa um ponto da função **$Y = f(x)$** .

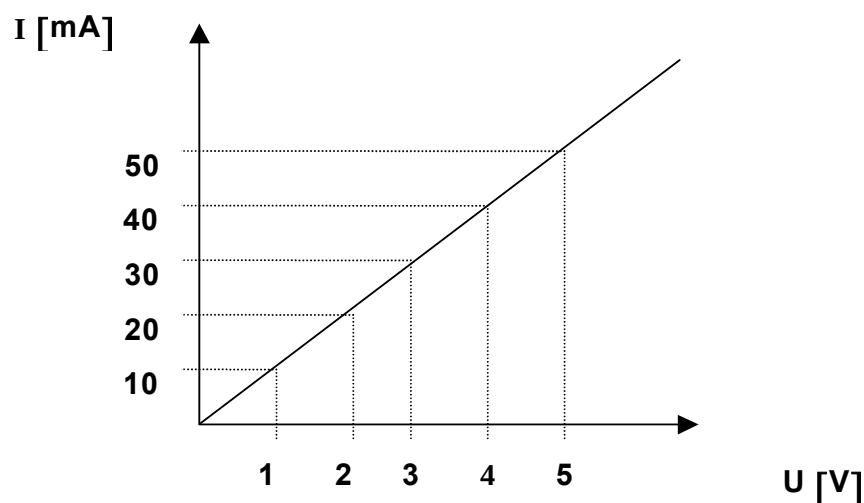
No caso de lei de Ohm a magnitude independente é a tensão **U** (que corresponde ao eixo das abcissas), a intensidade **I** é a magnitude dependente (que corresponde ao eixo das ordenadas).

Para obter a curva é necessário fazer uma tabela com os valores concedidos, e levar as fases de valores (**I**,**V**) ao sistema de coordenadas.

V	0	1	2	3	4	5	V
I	0	10	20	30	40	50	mA

Unindo os pontos resulta a recta **$I = f(U)$** , válido para um determinado valor de resistência **R**.

Podemos concluir, então, que para uma dada resistência, o valor da corrente cresce linearmente com o aumento da tensão.



*Graf.4.2 – Comportamento linear duma resistência percorrida por uma corrente eléctrica **I** sujeita a uma diferença de potencial **V**.*

4.2 – CÁLCULOS UTILIZANDO A LEI DE OHM

4.2.1 – DETERMINAÇÃO DA CORRENTE

Sendo-nos fornecidos os valores da tensão e da resistência de um circuito, falta-nos determinar o valor da intensidade da corrente que o percorre. Para tal, temos que escolher a equação correcta. Neste caso será:

$$I = V/R$$

Dados:

$$V = 12 \text{ V}$$

$$R = 6 \Omega$$

Cálculo:

$$I = \frac{12}{6} = 2 \text{ A}$$

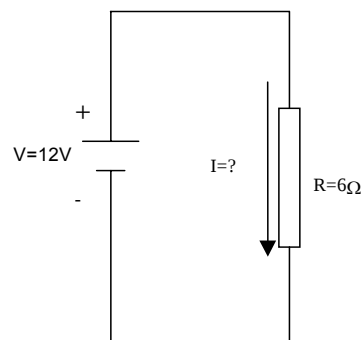


Fig. 4.5

4.2.2 – DETERMINAÇÃO DA TENSÃO

Agora queremos determinar o valor da tensão em função da corrente e da resistência. A equação a escolher será a que estiver em ordem à tensão (V), e será :

$$V = R \times I$$

Dados:

$$I = 3 \text{ A}$$

$$R = 10 \Omega$$

Cálculo:

$$V = 10 \times 3 = 30 \text{ V}$$

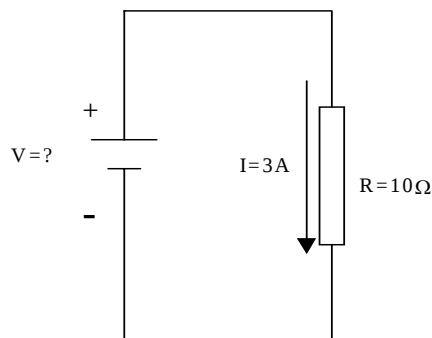


Fig. 4.6

4.2.3 – DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA

Conhecida a tensão e a corrente, podemos determinar a resistência do circuito, usando a seguinte equação:

Dados:

$$V = 12 \text{ V}$$

$$I = 0,1 \text{ A}$$

Cálculo:

$$R = \frac{12}{0,1} = 120 \quad \Omega$$

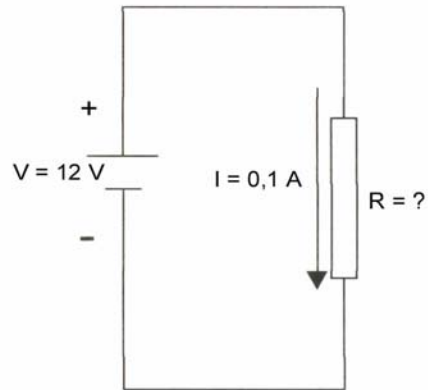


Fig. 4.7

4.2.4 – PROBLEMAS PRÁTICOS

I) Calcular a resistência de um fio de cobre de 1 mm² de secção, com 56 metros de comprimento.

$$\rho = \text{Resistividade do cobre} = 0,017 \text{ } [\Omega \text{ mm}^2/\text{m}]$$

$$L = 56 \text{ [m]}$$

$$S = 1 \text{ mm}^2$$

$$R = \rho \times \frac{\ell}{S} = 0,017 \times \frac{56}{1} = 1$$

II) Calcular a resistência eléctrica de um cabo de 100 metros de comprimento formado por 7 fios de cobre de 1,766mm² de secção.

$$S = 1,766 \times 7 = 12,4 \text{ mm}^2$$

$$R = \rho \times \frac{\ell}{s} = 0,017 \times \frac{100}{12,4} = 0,137 \text{ } \Omega$$

- III) Calcular a corrente que passa numa resistência numa lâmpada que contém aos seus terminais a tensão de 12V.

O filamento da lâmpada é de cobre e tem como secção 1mm^2 e comprimento de 56 metros enrolados em espiral.

$$r = 0,017 \text{ [W mm}^2\text{/m]}$$

$$L = 56 \text{ [m]}$$

$$S = 1\text{mm}^2$$

$$R = \rho \times \frac{\ell}{S} = 0,017 \times \frac{56}{1} = 1 \text{ [}\Omega\text{]}$$

$$R = \frac{V}{I} \Leftrightarrow I = \frac{V}{R} \Leftrightarrow I = \frac{12}{1} = 12 \text{ [A]}$$

5 – CIRCUITO ELÉCTRICO

5.1 – ESTUDO DO CIRCUITO EM SÉRIE

5.1.1 – RESISTÊNCIA

Se num circuito hidráulico (Fig. 5.1) montarmos diversos filtros, estes dificultam a passagem da água. A dificuldade total que a água tem em percorrer o circuito é igual à soma das dificuldades criadas por cada filtro.

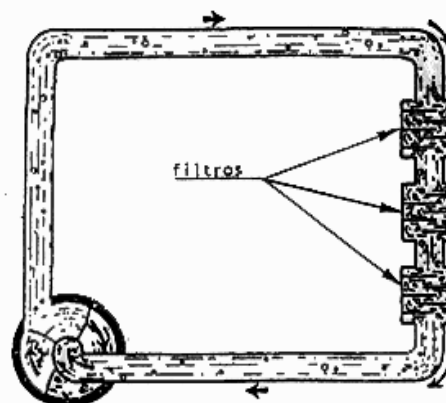


Fig. 5.1 - Resistência à passagem de água

De igual modo, a resistência total que um circuito eléctrico (Fig. 5.2) oferece à passagem da corrente é igual à soma das resistências exercidas por cada um dos seus componentes montados em série.

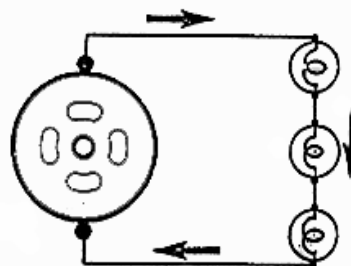


Fig.5.2 - Resistência à passagem de corrente eléctrica

$$R_{\text{Total}} = R_1 + R_2 + \dots + R_N$$

onde N é número de resistências do circuito.

Exemplo de cálculo (Fig. 5.3):

$$R_1 = 6 \text{ W}$$

$$R_2 = 16 \text{ W}$$

$$R_3 = 6 \text{ W}$$

$$R_{\text{Total}} = 6 + 16 + 6 = 28 \text{ W}$$

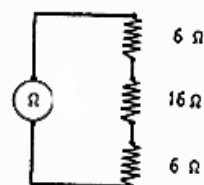


Fig. 5.3 - Resistências em série

5.1.2 – INTENSIDADE DA CORRENTE

Um circuito eléctrico diz-se em série quando todos os seus componentes são atravessados pela mesma intensidade de corrente. Um circuito em série assemelha-se a um circuito hidráulico em que a água passa sucessivamente por várias torneiras (Fig. 5.4).

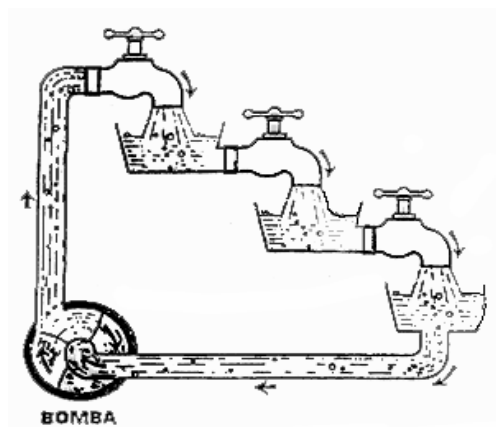


Fig. 5.4 – A mesma água passa por todas as torneiras

Num circuito em série, a intensidade de corrente é igual em todos os pontos do circuito.

Exemplo de medição (Fig. 5.6):

Medindo a intensidade da corrente nos vários pontos do circuito, achamos sempre o mesmo valor.

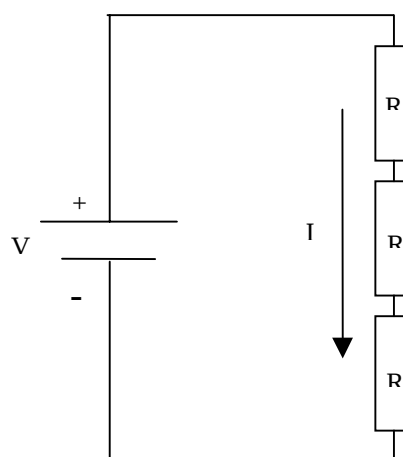


Fig. 5.5 - $I_{Total} = I_1 = I_2 = I_3$

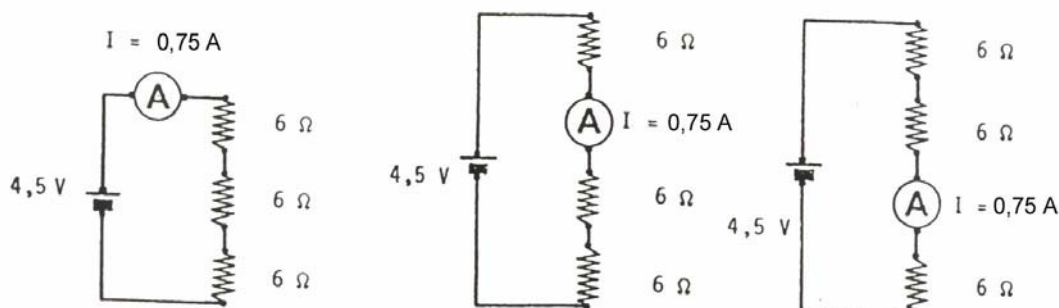


Fig. 5.6 - Medição da corrente com amperímetro em vários pontos

5.1.3 – TENSÃO

Neste circuito hidráulico, a soma das alturas das três quedas de água é igual à altura total

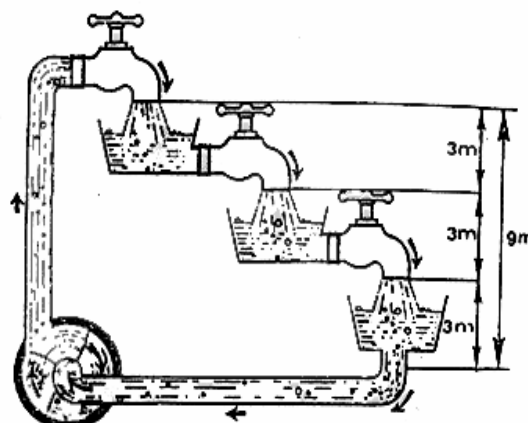


Fig. 5.7 – A soma das alturas das três quedas de água é igual à altura total

Neste circuito eléctrico, a soma das três quedas de tensão é igual à tensão total aplicada ao circuito. A tensão aplicada a um circuito em série é igual à soma das quedas de tensão em cada componente do circuito.

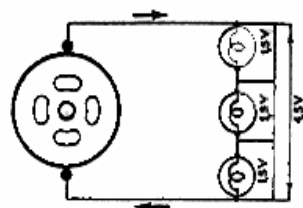


Fig. 5.8– A soma das três quedas de tensão é igual à queda de tensão total

Se medirmos as quedas de tensão, como se mostra no circuito ao lado, chegaremos a esta conclusão:

$$V = V_1 + V_2$$

No caso genérico será...

$$V_{\text{Total}} = V_1 + V_2 + \dots + V_N$$

...onde N é o número de componentes do circuito.

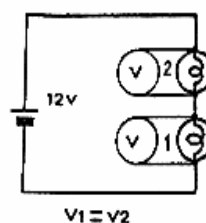


Fig. 5.9– Resistências em série

Por exemplo, se montarmos em série duas lâmpadas com a mesma resistência, a tensão total aplicada ao circuito será dividida igualmente por ambas as lâmpadas.

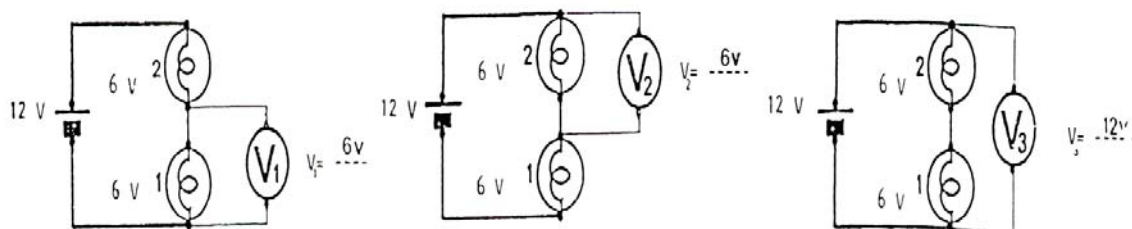


Fig. 5.10

Se as lâmpadas tiverem resistências diferentes, então a queda de tensão será diferente em cada lâmpada.

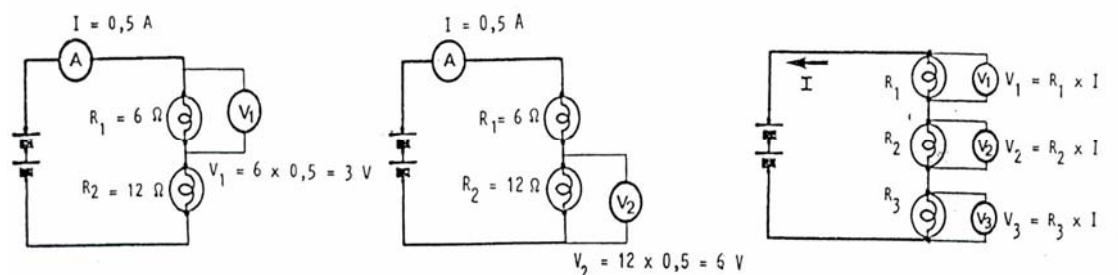


Fig. 5.11

Num circuito em série, quando se adicionam geradores, o valor da tensão entre os terminais da associação de geradores é igual à soma das tensões entre os terminais de cada gerador.



Fig. 5.12

5.2 – ESTUDO DO CIRCUITO EM PARALELO

5.2.1 – INTENSIDADE

Quando num circuito eléctrico, a corrente se ramifica por vários condutores constituintes do circuito, estamos perante um circuito em paralelo. É um fenómeno semelhante ao que acontece num circuito hidráulico (Fig. 5.13). Aqui a água que passa por uma torneira, não passa em nenhuma das outras.

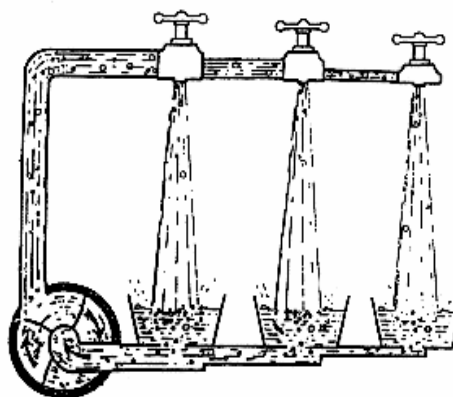


Fig. 5.13 – A largura da tubagem indica a grandeza do caudal

Num circuito em paralelo (Fig. 5.14), a soma das intensidades das correntes que passam por cada um dos ramos do circuito é igual à intensidade total do circuito.

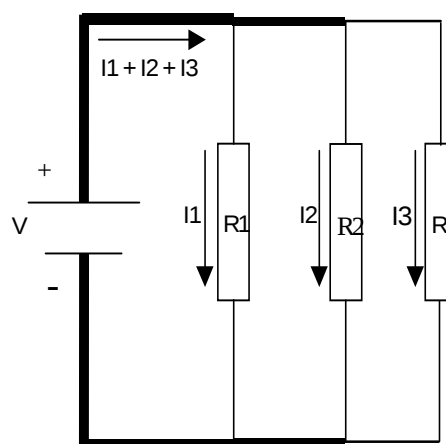


Fig. 5.14 – A espessura do condutor indica a intensidade da corrente

$$I_{\text{Total}} = I_1 + I_2 + I_3$$

Generalizando, obtém-se a expressão...

$$I_{\text{Total}} = I_1 + I_2 + \dots + I_N$$

...onde N é o número de ramificações do circuito.

Isto é, a corrente que passa em cada um dos componentes não passa em nenhum dos outros.

5.2.2 – TENSÃO

Neste circuito hidráulico em paralelo, as alturas das quedas de água são todas iguais à queda total.

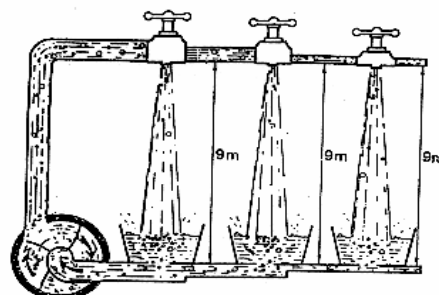


Fig. 5.15 – As alturas das várias quedas de água são iguais à queda total

De igual modo, num circuito eléctrico em paralelo, as quedas de tensão em cada ramo do circuito são todas iguais à tensão total aplicada.

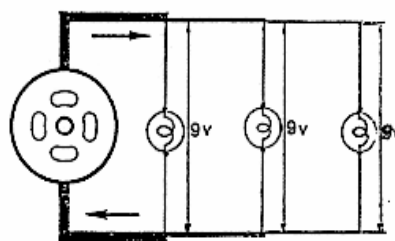


Fig. 5.16 – As tensões dos ramos intermédios são iguais à tensão total aplicada aos extremos do paralelo

Podemos então concluir que...

$$V_{\text{Total}} = V_1 + V_2 + \dots + V_N$$

Mesmo adicionando geradores, ou baterias, em paralelo, a tensão nos ramos do circuito não se altera. Mantendo-se a tensão constante aos seus terminais, a corrente do circuito também não varia.

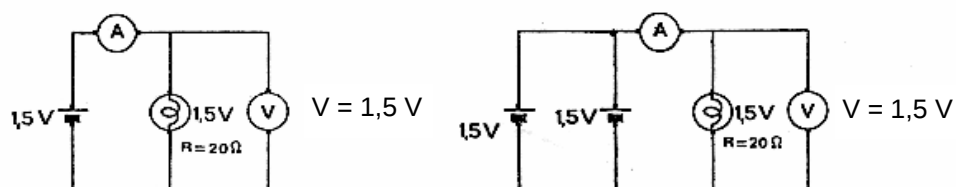


Fig. 5.17

5.2.3 – RESISTÊNCIA

Observe o circuito hidráulico da Fig. 5.18. Este circuito dispõe de várias torneiras iguais.

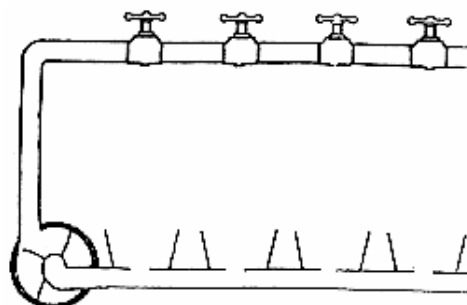


Fig. 5.18

Se apenas uma das torneiras estiver aberta, existe uma certa dificuldade para a água circular. Se houver duas torneiras abertas, a dificuldade para a água circular é menor. Neste caso poderá ser debitado o dobro da água, ou seja, a resistência será metade da anterior. À medida que se abrem mais torneiras, a resistência à passagem da água será cada vez menor.

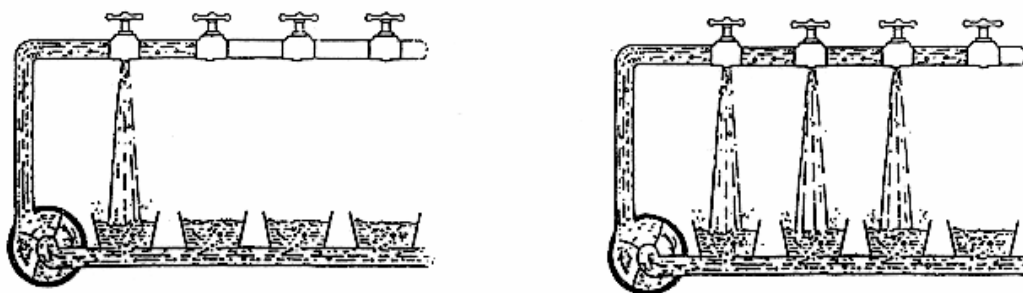


Fig. 5.19 – À medida que se abrem mais torneiras, a resistência diminui

Nos circuitos eléctricos passa-se a mesma coisa. Para resistências do mesmo valor, quanto maior for o número de ramos do circuito, menor será a resistência total do circuito.

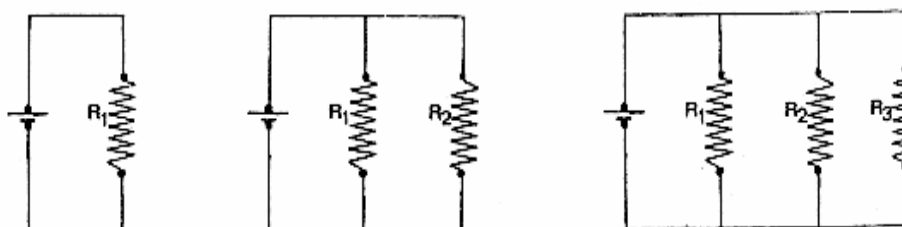


Fig. 5.20 – Quanto maior for o número de resistências montadas em paralelo, menor será a resistência total

Quando as resistências de cada ramo de um circuito em paralelo são iguais, a resistência total do circuito é igual ao valor da resistência de um ramo (R) a dividir pelo número de ramos (n).

$$R_{\text{Total}} = \frac{R}{n}$$

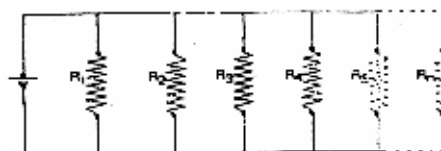


Fig. 5.21

Quando as resistências dos vários ramos do circuito são diferentes entre si, a resistência total do circuito é inferior à resistência do ramo que apresenta menor resistência.

Neste caso, para determinar a resistência do circuito, em primeiro lugar, somam-se os inversos das resistências de cada ramo do circuito...

$$C = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

... e depois determina-se o valor do inverso do valor C anteriormente obtido, achando-se o valor da resistência total.

$$R_{\text{Total}} = \frac{1}{C}$$

Exemplo:

Calcular o valor da resistência total do circuito que se indica na Fig. 5.22.

$$C = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$C = \frac{1}{10} + \frac{1}{5} + \frac{1}{25}$$

$$C = 0,1 + 0,2 + 0,04 = 0,34$$

$$R_{\text{Total}} = \frac{1}{C}$$

$$R_{\text{Total}} = \frac{1}{0,34} = 2,94 \, \Omega$$

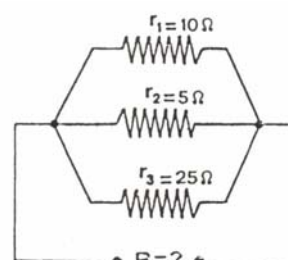


Fig. 5.22

Podemos, então, concluir que o valor da resistência total é igual ao inverso da soma dos inversos de cada um dos ramos do circuito. A fórmula que expressa matematicamente este teorema resulta da junção das duas fórmulas anteriores

$$R_{\text{Total}} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

Exemplo:

Calcular o valor da resistência total do circuito da Fig. 5.23.

$$R_{\text{Total}} = \frac{1}{\frac{1}{10} + \frac{1}{5} + \frac{1}{25}}$$

$$R_{\text{Total}} = \frac{1}{0,1 + 0,2 + 0,04} = \frac{1}{0,34}$$

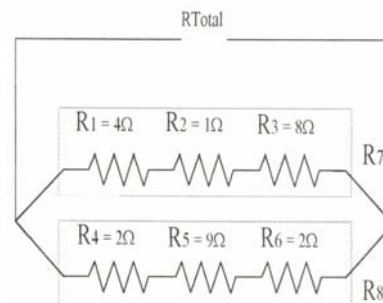


Fig. 5.23

$$R_{\text{Total}} = 2,94 \text{ W}$$

5.3 – ESTUDO DO CIRCUITO MISTO

Tal como o nome indica, o circuito misto é uma mistura entre o circuito em série e o em paralelo. O estudo dum circuito deste tipo faz-se simplificando-o até obtermos um circuito em série simples ou um circuito em paralelo simples.

Exemplo 1:

No caso da Fig. 5.24 temos dois ramos de três resistências cada um, em paralelo entre si. Nestes casos, determina-se primeiro, em relação a cada ramo, valor total das resistências associadas em série.

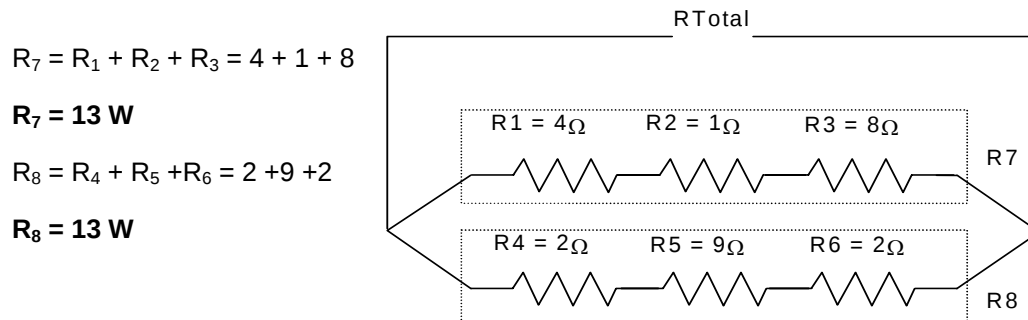


Fig. 5.24 – Circuito misto série-paralelo

Com as resistências totais de cada ramo, desenha-se um circuito equivalente (Fig. 5.25).

Como os valores da resistência de cada ramo são iguais, basta dividir o valor de uma delas por dois.

$$R_{\text{Total}} = R/2 = 13/2 = 6,5 \Omega$$

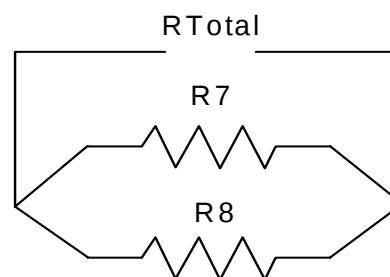


Fig. 5.25 - Circuito equivalente

Exemplo 2:

A Fig. 5.26 apresenta um circuito misto com um paralelo de duas resistências em série com outras duas.

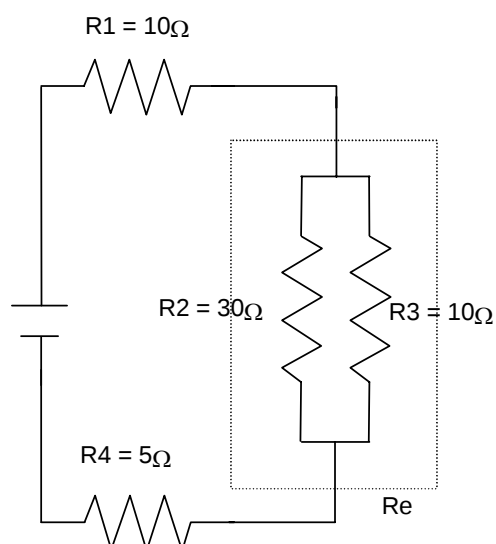


Fig. 5.26 - Circuito misto série-paralelo

Neste caso, também, se determina o circuito equivalente (Fig. 5.27).

$$R_e = \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{1}{\frac{1}{30} + \frac{1}{10}} = \frac{1}{\frac{1 \times 10}{30 \times 10} + \frac{1 \times 30}{10 \times 30}}$$

$$R_e = \frac{1}{\frac{10}{300} + \frac{30}{300}} = \frac{1}{\frac{40}{300}} = \frac{300}{40}$$

$$R_e = 7,5$$

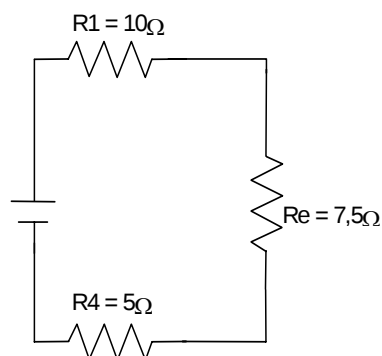


Fig. 5.27 - Circuito equivalente à figura 5.26

Para achar a resistência total do circuito, basta agora somar as três resistências, que se encontram em série.

$$R_{Total} = R_1 + R_4 + R_e = 10 + 5 + 7,5 = 22,5 \text{ ohm}$$

5.4 – LEIS DE KIRCHHOFF

Nos circuitos apresentados anteriormente, a Lei de Ohm estabelecia as relações entre corrente, tensão e resistência. Para circuitos mais complexos, com muitos ramos ou fontes de alimentação, é necessária a utilização de outros métodos de resolução, embora nunca podendo ser violada a Lei de Ohm, pois constitui a base da teoria dos circuitos DC.

Os métodos de resolução de circuitos complexos baseiam-se nas experiências realizadas pelo físico alemão Gustav Kirchhoff. Destas experiências resultaram duas conclusões, conhecidas com Leis de Kirchhoff, que podem ser enunciadas da seguinte forma:

1ª Lei – Lei das malhas: A soma das quedas de tensão ao longo de um caminho fechado, ou malha, é igual à soma das f.e.m. (tensões das baterias) existente nessa malha.

2ª Lei – Lei dos nós: A corrente que entra em qualquer ponto de união, ou nó, de um circuito, é igual à corrente que sai desse nó.

5.4.1 – LEI DAS MALHAS

A 1ª Lei de Kirchhoff, ou Lei das malhas, relaciona as quedas de tensão ao longo de uma malha fechada num circuito e as tensões das fontes dessa malha, sendo os valores totais dessas duas quantidades sempre iguais. Podemos expressar esta Lei com a seguinte equação:

$$\sum E_{\text{Fonte}} = \sum I.R$$

Onde o símbolo **$\sum$** representa a letra grega sigma e significa “somatório de...”.

$I.R$ vem da Lei de Ohm e representa as quedas de tensão nas cargas.

Uma malha fechada deve satisfazer duas condições:

Deve possuir, pelo menos, uma fonte de tensão;

Deve constituir um caminho completo para a corrente, começando num ponto qualquer, passando pela malha e retornando a esse ponto.

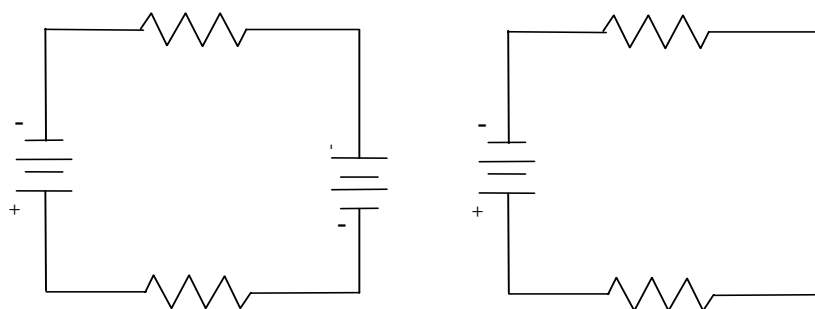


Fig. 5.28 - Exemplos de malhas simples

Para um circuito em série simples, a Lei da malhas coincide com a Lei de Ohm. Para calcular a corrente do circuito da Fig. 5.29, através da Lei das malhas, usamos a equação $\sum E_{\text{Fonte}} = \sum I.R$. Existe apenas uma fonte, ou f.e.m., na malha e duas quedas de tensão, ou $I.R$.

Portanto temos:

$$E = R_1 \cdot I + R_2 \cdot I$$

$$60 = 20 \cdot I + 10 \cdot I$$

$$60 = 30 \cdot I$$

$$I = 60/30 = 2 \text{ A}$$

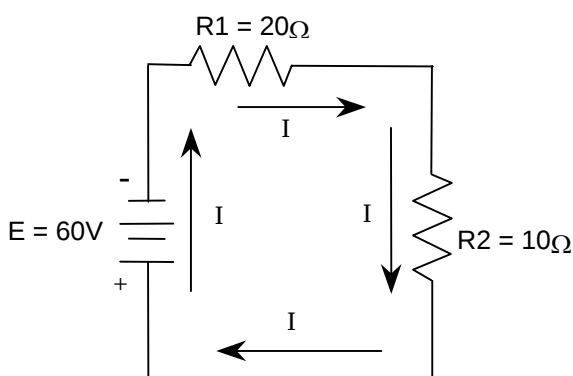


Fig. 5.29

Quando existe mais que uma fonte de tensão (Fig. 5.30), o sentido da corrente pode ser desconhecido. Nesse caso devemos adoptar um sentido antes de resolver o problema. As fonte ligadas no mesmo sentido que o adoptado são positivas, no caso inverso são negativas.

A solução do problema será um número positivo se o sentido adoptado for correcto, e negativo se o sentido adoptado estiver invertido. Em ambos os casos, o valor da intensidade da corrente terá o mesmo valor absoluto.

$$\Sigma E_{\text{Fonte}} = \Sigma I \cdot R$$

$$60 - 75 = 20 \cdot I + 10 \cdot I$$

$$-15 = 30 \cdot I$$

$$I = -15/30 = -0,5 \text{ A}$$

O resultado é negativo, isto é, a intensidade da corrente é de 0,5 A, mas o seu sentido é oposto ao adoptado anteriormente.

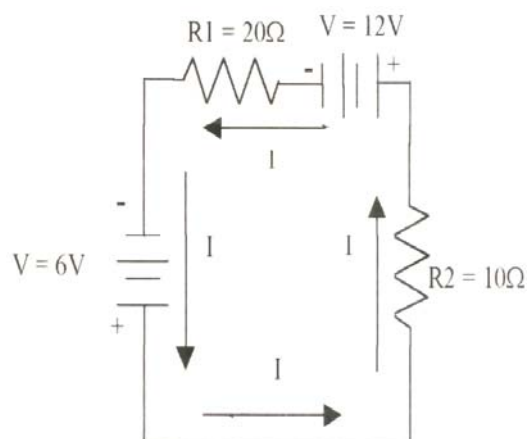


Fig. 5.30

5.4.1 – LEI DOS NÓS

Esta lei também é conhecida com a lei para correntes. Esta lei estabelece que em qualquer ponto de junção (nó) de um circuito, a corrente que entra é igual à corrente que sai (Fig. 5.31). Para cada electrão que chega a um ponto, outro deve sair.

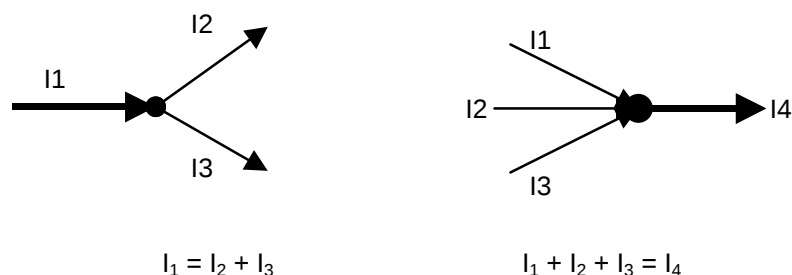


Fig. 5.31

A Lei dos nós expressa-se matematicamente pela seguinte fórmula:

$$\sum I_{\text{ENTRA}} - \sum I_{\text{SAI}} = 0$$

OU

$$\sum I_{\text{ENTRA}} = \sum I_{\text{SAI}}$$

5.5 – CONSTITUIÇÃO DO CIRCUITO ELÉCTRICO

A electricidade é um fenómeno que, para se tornar útil, deverá executar algum trabalho ou função.

O circuito eléctrico é o meio físico que permite efectuar a transição da electricidade como simples fenómeno para uso prático.

Hoje em dia, praticamente toda a tecnologia usa como suporte circuitos eléctricos mais ou menos complexos.

Estes circuitos eléctricos são constituídos basicamente por três componentes:

Uma fonte de alimentação

Condutores ou fios de ligação

Carga ou dispositivo que realiza trabalho

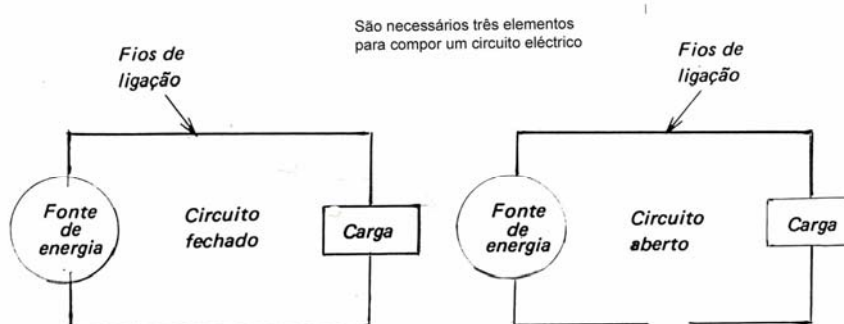


Fig.5.31 – Esquema básico dum circuito eléctrico

Para que a corrente percorra um circuito eléctrico, deve existir um caminho completo do terminal negativo da fonte, passando pelos fios e pela carga, até ao terminal positivo da fonte.

Se não houver um caminho completo, não haverá fluxo de corrente, e teremos um circuito denominado circuito aberto.

Interruptores

Só deverá haver fluxo de corrente quando for necessária energia eléctrica na carga.

Os circuitos estão providos de um dispositivo que permite o fecho ou abertura do circuito consoante as condições de utilização, que é denominado de interruptor.

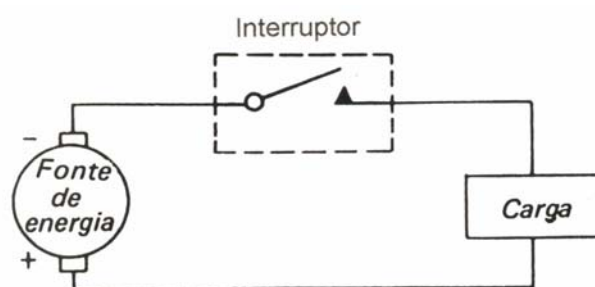


Fig.5.32 – Circuito eléctrico simples

A abertura e o fecho de um circuito normalmente são efectuados por um interruptor.

Na sua forma mais simples, o interruptor consiste em duas peças de metal condutor ligadas aos fios do circuito, e dispostas de tal forma que podem unir-se ou separar facilmente.

Quando se unem, formam um caminho completo para a corrente e o circuito fechado.

Quando se separam, não há fluxo de corrente e o circuito é aberto.

Existem os mais variados tipos de interruptores como se mostram na figura seguinte.

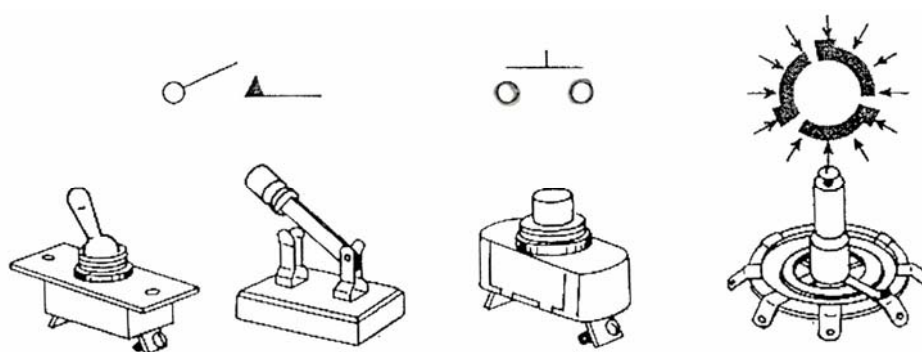


Fig.5.33 - Tipos de interruptores

O interruptor possui uma característica própria que o destingue como interruptor.

Apreciando os contactos de um interruptor, verificamos que estes contêm, normalmente cravados, um metal diferente denominado como os platinados do interruptor.

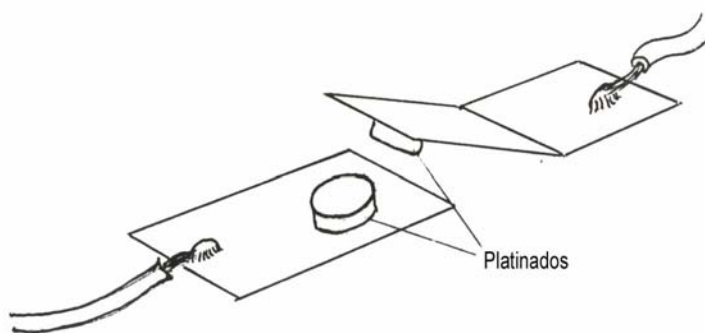


Fig.5.34 – Constituição básica dum interruptor

Os platinados do interruptor cedem ao aparelho todo o poder de corte do circuito.

Quando a corrente do circuito se apresenta muito baixa os platinados não têm muita razão de existir, mas caso a corrente seja elevada. O interruptor terá de possuir nos seus contactos, platinados para garantirem assim o bom funcionamento do circuito a longo prazo.

Como vimos anteriormente, os platinados do sistema de ignição dum automóvel podem ser considerados como um tipo de interruptor.

Neste caso os próprios platinados não têm poder de corte no circuito, uma vez que a corrente eléctrica é bastante elevada, colocando-se um condensador em paralelo com os contactos do platinado.

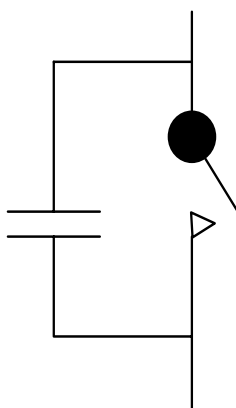


Fig.5.35 – Montagem dum condensador em paralelo com os terminais dum interruptor, por forma a aumentar o poder de corte do interruptor prolongando a vida deste.

O papel do condensador no circuito já foi descrito anteriormente.

Os interruptores são muito utilizados em electricidade e constituem parte integrante do sistema eléctrico dum automóvel desde o interruptor que liga os faróis, ou sistema de ventilação do automóvel.

Quando rodamos a chave do automóvel, accionamos um interruptor que contendo variadas posições permite ligar o motor de arranque e mantém o fluxo de corrente para todo o restante circuito eléctrico do automóvel.

A carga do circuito

Num circuito eléctrico simples, a carga é o dispositivo que recebe a energia eléctrica da fonte e a utiliza para realizar trabalho qualquer.

Nesse processo, a carga converte a energia eléctrica em outras formas de energia, tais como a luz, calor, ou som, ou pode simplesmente modificar ou controlar a quantidade de energia eléctrica fornecida pela fonte.

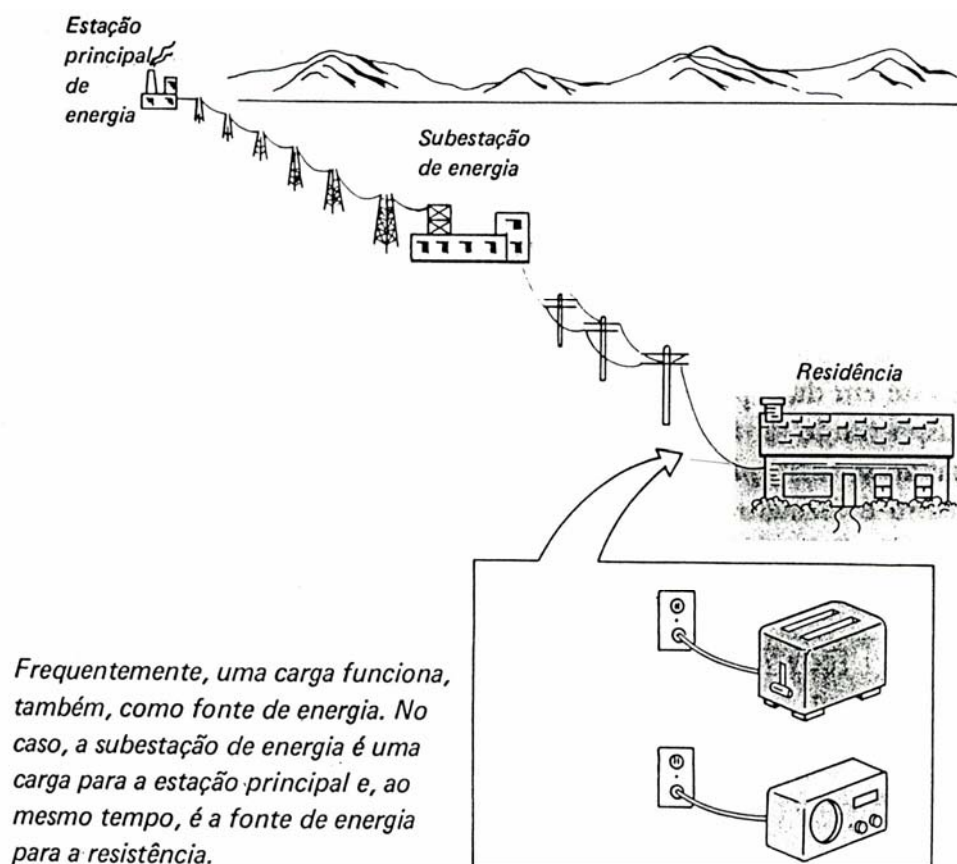


Fig.5.36 – Circuito de distribuição de energia eléctrica

A lâmpada, o motor, a torradeira, o aquecedor, etc, constituem cargas.

O tipo de carga utilizada, determina a quantidade de energia retirada da fonte de energia.

Por isso, o termo “carga” muitas vezes é usado para designar a “potência” fornecida pela fonte e é calculada da forma que atrás estudamos.

Neste caso, quando se diz que a carga está aumentada ou diminuída, significa que a fonte está fornecendo mais ou menos potência.

Deve-se ter em mente que a palavra carga tem dois significados:

O dispositivo que retira energia da fonte

A potência que é retirada da fonte

Tal como estudamos anteriormente, as cargas podem estar ligadas de variadas formas: em série, em paralelo ou em serie e em paralelo.

Num circuito série a totalidade da corrente estabelecida no circuito passa por cada uma das cargas, sendo a intensidade de corrente igual em cada uma das cargas variando a tensão aos terminais das mesmas.

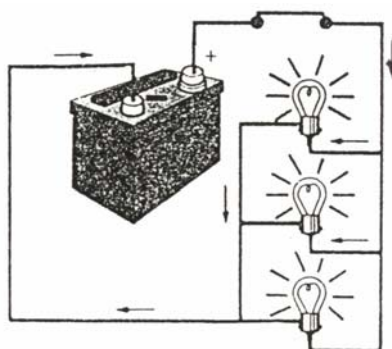


Fig.5.37 – Ligação de lâmpadas em série.

Em circuitos cujos componentes se encontram em paralelo fazemos valer a lei dos nós que falámos anteriormente, fazendo variar a corrente pelas diversas cargas mantendo a tensão igual aos terminais de todas as cargas.

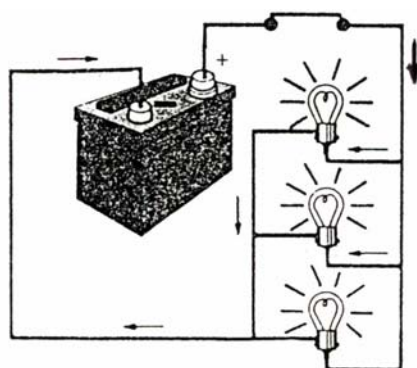


Fig.5.38 – Ligação de lâmpadas em paralelo.

Este tipo de circuito em paralelo é o mais utilizado em circuitos automóveis. Por exemplo no circuito de iluminação dum automóvel, os faróis irradiam igual luminosidade porque as lâmpadas possuem igual resistência e tensão aos seus terminais.

No caso de uma lâmpada se fundir, o veículo não fica sem iluminação porque as lâmpadas estão ligadas em paralelo.

A fonte de alimentação

A fonte de alimentação produz energia eléctrica por meio químico (bateria), magnético (dínamo, alternador), etc.

Essa energia está geralmente em forma de uma diferença de potencial eléctrico entre os terminais de saída da fonte, chamada de força electromotriz.

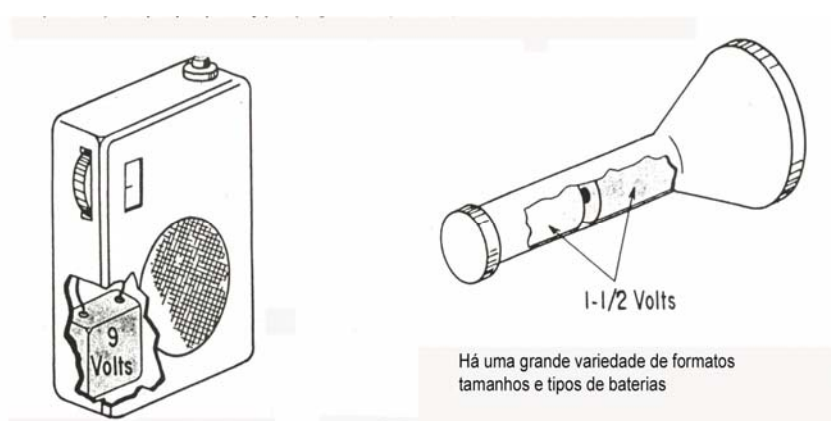


Fig.5.39 – Pilhas eléctricas como fontes de alimentação

Fontes de alimentação em série

Quando ligamos duas ou mais baterias num circuito para produzir uma tensão maior do que a tensão de uma delas, isoladamente, a ligação entre baterias deve ser do tipo série.

Temos, assim, o que chamamos de fontes de tensão em série.

Quando duas baterias são ligadas em série, o terminal negativo de uma é ligado ao terminal positivo da outra.

Os outros dois terminais são ligados ao circuito.

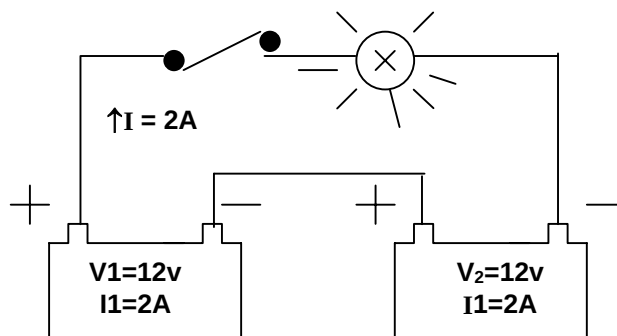


Fig.5.40 – Ligação de baterias em série

No caso da figura, a lâmpada está ligada a duas baterias ligadas em série.

A tensão fornecida pela fonte corresponde à soma das tensões das baterias.

$$V_t = V_1 + V_2$$

$$V_t = 12 + 12 = 24V$$

A lâmpada tem aplicado aos seus terminais uma tensão de $V=24[V]$ e uma corrente constante correspondente à corrente debitada por cada uma das baterias, para o exemplo $I=2[A]$.

Fonte de alimentação em paralelo

Se colocarmos os terminais das baterias ligados entre si por forma que o terminal positivo duma bateria fique ligado ao terminal positivo da outra bateria (ver figura) obtemos uma fonte de alimentação constituída por duas baterias em paralelo.

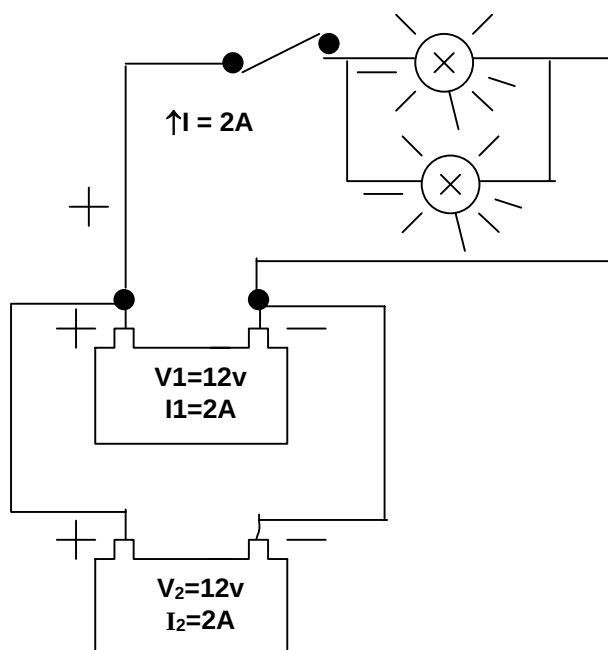


Fig.5.41 – Ligação de baterias em paralelo

O tipo de montagem em paralelo trás uma grande vantagem que é aumentarmos o nível de intensidade de corrente disponível no circuito mantendo assim a diferença de potencial nos terminais de carga.

Este circuito é muito útil quando possuímos uma carga bastante grande, ou seja, uma potência bastante elevada e não temos uma fonte à altura do ponto de vista de fluxo de corrente disponível.

Defeitos em fontes de tensão

Uma falha comum em circuitos DC é aquela proveniente de defeito da fonte de tensão. Neste caso, as fontes podem apresentar a total perda da tensão da saída, ou a diminuição da tensão de saída para um valor menor do que aquela considerando normal.

No campo da electricidade, as fontes DC mais comuns são os geradores DC e a bateria.

Os geradores DC podem apresentar falhas devido a algum defeito mecânico em seu interior ou devido a problemas eléctricos tais como um fio aberto ou curto-circuito.

A falha mais comum de uma bateria é a queda de tensão de saída, devido à descarga da bateria. Todas as baterias se descarregam, gradualmente, à medida que fornecem corrente, durante um certo período de tempo.

Quando a descarga atingir o ponto em que a tensão de saída é menor que o valor necessário para operar o circuito, a bateria deverá ser recarregada ou substituída.

As baterias estão sujeitas a curtos-circuitos internos, embora isso seja pouco frequente excepto quando a recarga é deficiente, quando isso acontece devemos substituí-los

Defeitos em resistências

A resistência é uma das causas mais comuns de falhas num circuito.

Isso não se deve ao facto da resistência ser frágil, portanto, facilmente danificável. As resistências estão mais sujeitas às falhas porque são geralmente bastante numerosas.

Num circuito eléctrico, a resistência pode apresentar dois tipos de defeitos:

A resistência queima e abre funcionando como um circuito aberto.

A resistência modifica o seu valor óhmico, aumentando-o. na maior parte dos casos

Esses defeitos devem-se, normalmente, ao calor gerado na resistência pela passagem de corrente.

Se o aquecimento não for muito grande, mas prevalecer durante muito tempo, a resistência poderá mudar de valor; enquanto que se o calor gerado for excessivo, a resistência queimará num certo intervalo de tempo.

Como a maior parte dos defeitos apresentados por uma resistência se devem ao calor excessivo, podemos localiza-la quase sempre, por inspecção visual.

Uma resistência defeituosa tem, normalmente, um aspecto descolorido e carbonizado.

6 – POTÊNCIA ELÉCTRICA

6.1 – LEI DE JOULE

Quando a corrente percorre um condutor, uma certa quantidade de energia eléctrica é transformada em calor.

A lei de Joule diz o seguinte:

“A energia que se transforma em calor num condutor percorrido pela corrente é igual ao produto da resistência do condutor pelo quadrado da intensidade e pelo tempo.”

$$E_t = R \times I^2 \times t$$

Onde:

E_t = Energia térmica dissipada

R = Resistência eléctrica

I = Corrente eléctrica

t = Tempo

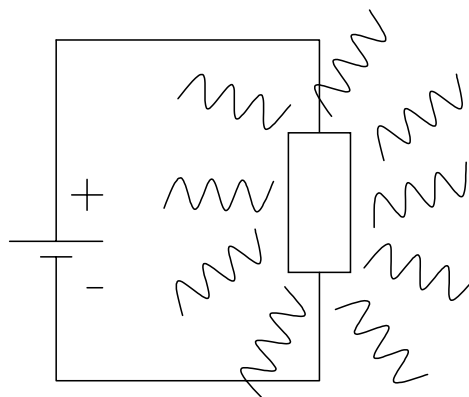


Fig. 6.1

Pode expressar E_t em calorías, será:

$$E_t = 0,24 \times R \times I^2 \times t$$

A passagem de corrente eléctrica nos condutores produz uma perda de energia que se manifesta sob a forma de calor.

Por efeito disso, a temperatura dos condutores eleva-se progressivamente até que chega o momento em que deixa de subir.

É certo que os condutores continuam a gastar energia, mas o calor que daí resulta vai-se libertando e, desta forma, a temperatura mantém-se constante em certo valor máximo, supondo que a intensidade de corrente não é alterada.

Ora, a temperatura que os condutores atingem por efeito de Joule é tanto maior quanto mais elevada for a intensidade de corrente e menor a secção dos condutores.

O aquecimento ainda depende da natureza dos condutores, do arejamento do local de instalação, etc.

Exemplo:

Calcular a energia dissipada por efeito de Joule, em Joule (J) e em calorias (cal), numa resistência de 10 [W] percorrida por uma corrente de 3 [A], num intervalo de tempo de 10 segundos.

Dados:

	(Em Joules)	(Em calorias)
$I = 3 \text{ [A]}$	$E_t = R \cdot I^2 \cdot t$	$E_t = 0,24 \cdot 900$
<u>$R = 10 \text{ [W]}$</u>	$E_t = 10 \cdot 3^2 \cdot 10$	$E_t = 216 \text{ [cal]}$
<u>$t = 10 \text{ [W]}$</u>	$E_t = 900 \text{ [J]}$	

Ao fazer-se uma instalação, é necessário escolher condutores de secção tal que, para uma determinada intensidade de corrente, o aquecimento não seja tão elevado que vá prejudicar o revestimento isolador, provocando incêndios ou causar a fusão dos fios.

Para isso, há tabelas que indicam as intensidades de corrente admissíveis para as diversas secções dos condutores.

Como vimos anteriormente , a condução nos metais faz-se por intermédio dos electrões de valência dos átomos que trocam entre si os mesmos electrões sendo estes os meios de transporte de carga eléctrica constituindo assim a corrente eléctrica.

Fique com a ideia de que, à medida que a corrente eléctrica no condutor aumenta, o condutor vai começando a aquecer, dando-se o efeito de Joule.

Com o aumento de temperatura, os seus electrões deslocam-se das suas órbitas interiores , da mesma forma que os electrões de valência.

Como o número de electrões aumenta, aumentam proporcionalmente as repulsões entre electrões no condutor o que origina um clima caótico no interior do condutor.

É este ambiente caótico que provoca o aquecimento do condutor.

6.2 – APLICAÇÕES DA LEI DE JOULE

Em instalações industriais, verificámos que para baixar a secção dos condutores, recorre-se à distribuição por alta tensão por forma a que as correntes sejam baixas e consequentemente a secção dos condutores diminua.

Seria impensável a ligação directa duma central geradora de energia até à cidade porque essa ligação teria de ser feita com condutores de secções tais que só o custo dos condutores tornaria a instalação inconcebível.

Para evitar esta situação, a central geradora de energia, produz alguns milhares de amperes dentro de uma tensão relativamente baixa (cerca de 60 [kV] sendo esta tensão elevada, na subestação, até 450 [kV] baixando a corrente até às dezenas do ampere, cerca de 10[A].

É nestes níveis que a energia chega à periferia das cidades.

Como esta tensão é bastante elevada, há a necessidade de a transformar em tensões mais baixas até chegar às nossas casas, sendo a corrente disponível para consumo alta.

Num automóvel o nível de tensão é praticamente igual em todos os equipamentos mas a corrente disponível pela bateria é bastante elevada.

O sistema de iluminação e principalmente o motor de arranque são os aparelhos que consomem mais energia eléctrica.

Por este motivo o motor de arranque possui um circuito eléctrico específico estando ligado à bateria do automóvel por meio de condutores de grande secção comparativamente aos outros condutores.

6.3 – CURTO-CIRCUITO E CORTA CIRCUITOS-FUSÍVEIS

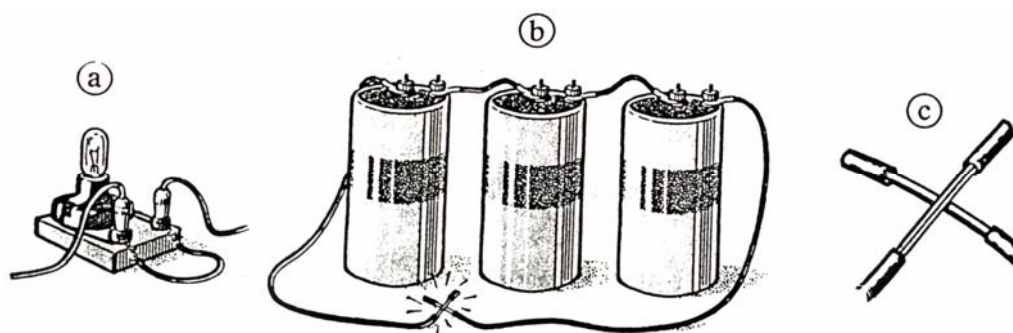


Fig.6.2 – Situações de curto circuito

Existe um curto circuito em qualquer das seguintes ocorrências:

Contacto directo entre os terminais de uma lâmpada ou de uma resistência, Figura.6.1 (a).

Contacto directo entre os pólos de um gerador, Figura.6.1 (b).

Contacto entre dois fios não isoladores, Figura.6.1 (c).

N u m

Ligações feitas incorrectamente em algum ponto de circuito.

c u r t o
circuito, a
resistência
torna-se

praticamente nula.

Daí resulta uma intensidade de corrente muito grande (sobrecarga), superior à normal, que pode avariar alguns dos componentes do circuito, em particular aparelhos de medida, lâmpadas, etc.

Na figura seguinte existem dois curto circuitos (1 e 2).

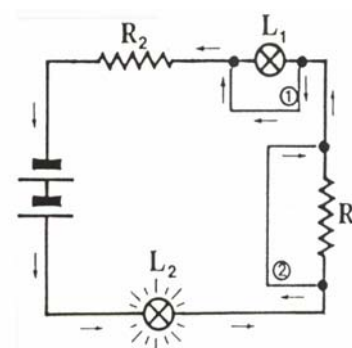


Fig.6.3 – Situações de curto circuito

O curto circuito na lâmpada 1 impede que esta acenda, nota-se que a luminosidade L_2 aumenta porque, a resistência de 1 deixa de ser percorrida pela corrente eléctrica.

Com os dois curto circuitos, um em L_1 , outro na resistência R_1 , aumenta extraordinariamente a intensidade da corrente, podendo fundir a lâmpada.

Os fusíveis constituem um dos dispositivos de segurança que se empregam para proteger os circuitos eléctricos contra os efeitos de um curto circuito (correntes de intensidade excessiva).

Por outras palavras, fusíveis são pequenos fios ou lâminas metálicas que se intercalam nos circuitos com fim de fundirem quando a intensidade da corrente excede determinado valor.

Interrompem assim, automaticamente, os circuitos onde são intercalados, protegendo-os de correntes excessivas.

O corta circuito fusível é o conjunto formado pelo fusível e por uma base onde o fusível é colocado de modo a ser intercalado no circuito.

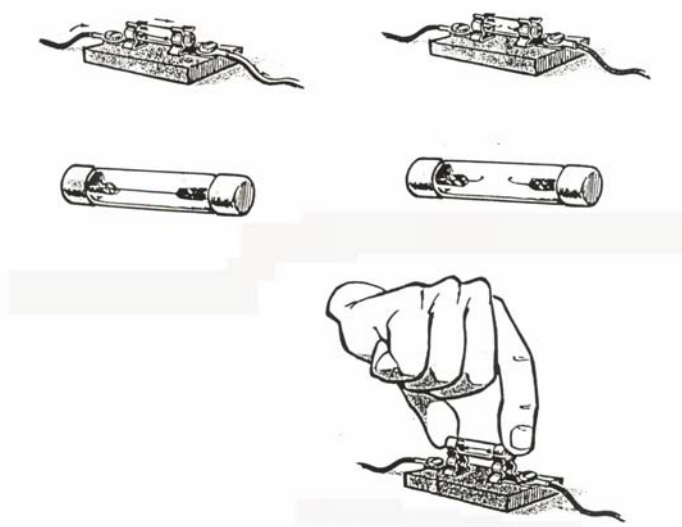


Fig.6.4 – Corta circuitos fusível

Os metais usados para os fios ou lâmpadas em fusíveis são o chumbo, estanho, cobre, zinco, alumínio, prata ou cobre prateado e a liga de chumbo-estanho.

A liga de chumbo estanho emprega-se em especial para fracas correntes, enquanto que o zinco, alumínio e prata são mais usados para maiores intensidades.

O fio fusível é muitas vezes envolvido por uma massa ou pó isolante (areia por exemplo) e incombustível, substâncias estas que absorvem o calor e o vapor metálico libertado quando o fusível funde, evitando assim a produção do arco eléctrico entre as pontas do fio fundido.

Nos fusíveis vem marcado a intensidade nominal do fusível, ou seja, a corrente que ela pode suportar permanentemente sem fundir.

Os fusíveis são em geral calculados para fundirem logo que a corrente atinja 1,5 ou 2 vezes a intensidade nominal respectivamente para fusíveis de grande e de pequeno calibre. Aguentam-se, porém, sem fundir com sobrecargas de 20 a 25% quando colocados para a fusão a 1,5 a intensidade nominal, ou com sobrecargas de cerca de 50% quando calculados para a fusão a duas vezes a intensidade nominal.

Por exemplo, um fusível de 10 amperes funde imediatamente assim que a corrente atinja 20 amperes.

Existem dois tipos de fusíveis:

Os fusíveis de corte-rápido

Os fusíveis de corte-lento

Os fusíveis de corte-rápido são concebidos por um fio devidamente esticado fundido nas condições atrás descritas.

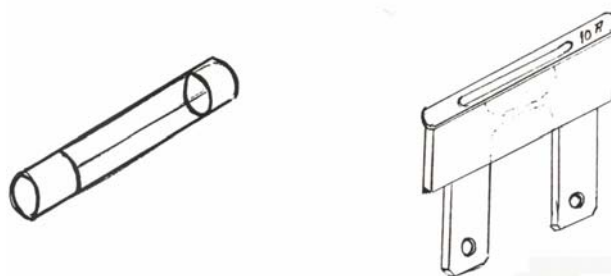


Fig.6.5 – Tipos de fusíveis de corte rápido

Estes são mais usuais, no ramo automóvel, normalmente em circuitos de iluminação, buzina, gestão electrónica, etc.

Existem outros tipos de fusíveis, denominado de corte lento quando se pretende que o circuito admita grande parte da sobrecarga.

São fusíveis que suportam normalmente uma corrente excessiva durante um curto período de tempo.

Para isso o fusível contém um tipo de filamento que, tal como uma lâmpada, fica incandescente quando a corrente por ele percorrida atinge um valor acima do nominal, fundido pouco depois, Figura 6.5.

Como veremos nos capítulos seguintes, o uso de fusíveis no automóvel, quando utilizada uma bateria, é obrigatório pois colocada em curto-circuito, a bateria emite uma corrente bastante elevada que pode levar ao incêndio de toda a instalação eléctrica do automóvel.

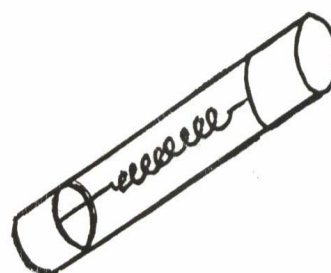


Fig. 6.6 - Fusível de corte lento

É de verificar os calibres dos fusíveis do automóvel bem como o seu estado de conservação antes de ligar os bornes da bateria à instalação eléctrica do automóvel.

O fusível é apenas um dos muitos aparelhos que traduzem o efeito de Joule. Existem no automóvel outros aparelhos como lâmpadas de incandescência, resistências de aquecimento dos bancos e em alguns modelos antigos, o aquecimento do interior do veículo.

O aproveitamento do efeito Joule constitui o fundamento da construção de variada aparelhagem de uso doméstico como ferro de engomar, fogões eléctricos, etc.

6.4 – NOÇÃO DE TRABALHO

Num circuito, a função da fonte de alimentação, é fornecer energia eléctrica ao receptor (motor eléctrico, resistência, etc.) para que este realize trabalho.

A quantidade de trabalho executado pelo receptor depende da quantidade de energia que lhe é fornecida.

Como a energia aplicada ao receptor resulta em trabalho, concluímos que este é directamente proporcional à tensão aplicada, à intensidade de corrente do circuito e ao tempo de transformação da energia disponível em trabalho.

GRANDEZA		UNIDADE	
Designação	Símbolo	Designação	Símbolo
Trabalho	W	Joule	J

Tab.6.1 – Grandeza de trabalho

A unidade em que se expressa o trabalho é o Joule, com o símbolo J.

A expressão matemática do trabalho eléctrico é:

$$W = V \cdot I \cdot t$$

Onde:

W = Trabalho

V = Tensão

I = Intensidade de corrente

t = Tempo de operação

6.5 – NOÇÃO DE POTÊNCIA

O termo **Potência** é usado para descrever a velocidade com que uma carga pode realizar trabalho. Isto é, representa a quantidade de trabalho realizado por unidade de tempo (geralmente um segundo).

É de notar que, num circuito eléctrico, a carga pode realizar um trabalho útil, ou um trabalho perdido. Temos, por exemplo, o caso de motores eléctricos que realizam trabalho útil, ou o caso do aquecimento dos fios condutores que representa um trabalho perdido. Quando existe trabalho perdido, diz-se que a potência está a ser dissipada.

A potência é representada por **P**, sendo a sua unidade o **Watt**, com o símbolo **W**.

GRANDEZA		UNIDADE	
Designação	Símbolo	Designação	Símbolo
Potência	<i>P</i>	<u>Watt</u>	<i>W</i>

Tab.6.2 – Potência eléctrica

Sendo a potência o trabalho por unidade de tempo, a sua expressão matemática será:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{V \times I \times t}{t} \quad P = V \times I$$

Sendo uma grandeza bastante utilizada na electricidade, com os mais variados valores para diferentes aplicações, é muitas vezes apresentada em múltiplos.

Unidade	Múltiplos	
	<i>Símbolo</i>	<i>Designação</i>
0,001 W	1 mW	1 mili watt
1 000 W	1 kW	1 quilo watt
1 000 000 W	1 MW	1 mega watt

Tab.6.3 Múltiplos da unidade de potência eléctrica

Podemos apresentar a fórmula para a potência em função da resistência. Esta fórmula deriva da Lei de Ohm:

$$P = V \times I = R \times I \times I$$

$$P = R \times I^2$$

6.5.1 – CÁLCULO DE TRABALHO E POTÊNCIA

Exemplo 1:

Calcular o trabalho perdido num minuto e a potência dissipada pela resistência, sabendo que é alimentada a 12 V e atravessada por um corrente de 2 A.

Dados:

$$E = 12V$$

$$I = 2A$$

$$T = 1 \text{ min.} = 60 \text{ seg.}$$

Resposta:

$$W = E \times I \times t$$

$$W = 12 \times 2 \times 60$$

$$W = 1440 \text{ J}$$

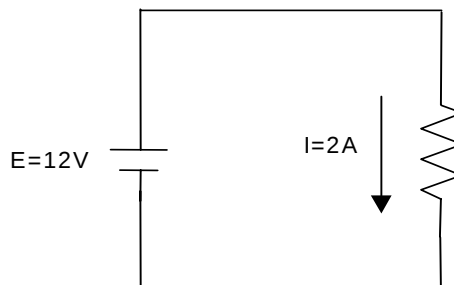


Fig. 6.7

A resistência realiza um trabalho de 1440 J.

Nota: O tempo expressa-se sempre em segundos para efeitos de cálculo.

1 minuto = 60 segundos.

$$P = E \times I$$

$$P = 12 \times 2$$

$$P = 24 \text{ W}$$

A potência dissipada pela resistência é 24 W

Exemplo 2:

Calcular a potência e o trabalho produzido por um motor eléctrico, durante 30 minutos, pressupondo um rendimento de 100%, alimentado com 100 V, cuja resistência equivalente é 100 Ω .

Dados:

$$E = 100 \text{ V}$$

$$R = 100 \Omega$$

Resposta:

$$P = E \times I = R \times I^2$$

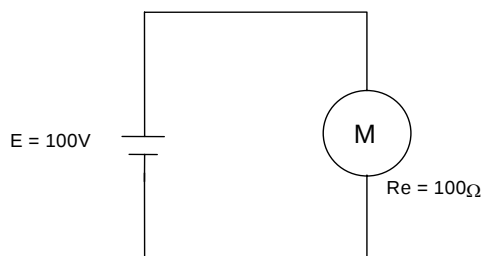


Fig. 6.8

Temos de calcular a intensidade da corrente que atravessa o motor, através da Lei de Ohm.

$$I = E/R = 100/100 = 1 \text{ A}$$

Agora podemos calcular a potência desenvolvida:

$$P = 100 \times 1^2 = 100 \text{ W}$$

O trabalho será:

$$W = P \times t = 100 \times 30 \times 60 = 180\,000 \text{ J} = 180 \text{ kJ}$$

30 x 60 representa o tempo em segundos.

7 – CONDENSADORES

7.1 – NOÇÃO DE CONDENSADORES

Dá-se o nome de condensador eléctrico ao aparelho formado por duas superfícies metálicas separadas por uma substância isolante (ar, vidro, papel, etc.).

Um condensador muito simples é formado por duas folhas de alumínio coladas às duas faces de uma lâmina de plástico.

As duas lâminas metálicas chamam-se armaduras e o isolante interposto tem o nome de dieléctrico.

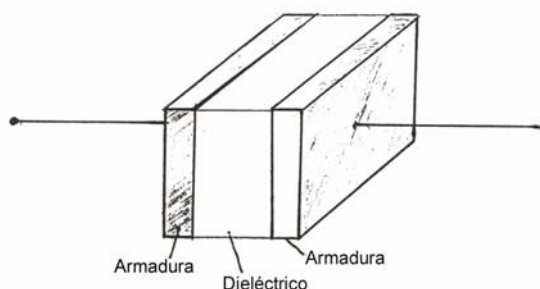


Fig .7.1 – Constituição dum condensador

Variando as dimensões das armaduras ou as dimensões do dieléctrico varia-se igualmente a capacidade, ou seja, o valor capacitivo do condensador.

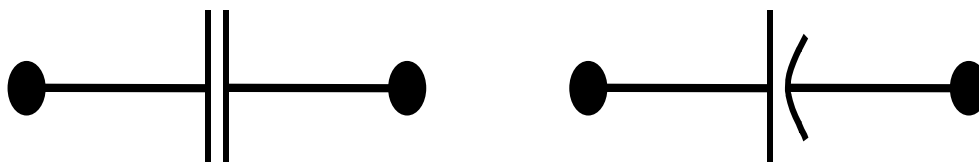


Fig.7.2 – Simbologia de um condensador

A capacidade pode também surgir em determinadas partes de um circuito, devido à disposição e localização dos seus componentes.

Nesse caso, geralmente a capacitância introduzida é indesejável.

7.1.1 – CARGA DO CONDENSADOR

Um condensador encontra-se carregado quando existe uma diferença de potencial entre as suas placas. Para produzir uma diferença de potencial, ou por outras palavras, para carregar um condensador deve-se acumular electrões livres numa das placas, e ao mesmo tempo, retirar electrões livres da outra.

Uma das placas apresenta um excesso de electrões livres, e a outra apresenta falta deles.

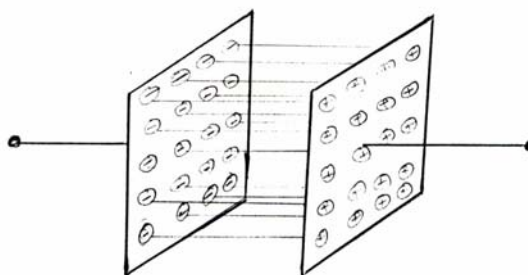


Fig.7.3 – Linhas de força ou campo eléctrico

7.1.2 – TENSÃO DE ROTURA

Quando se aumenta sucessivamente a tensão aplicada às armaduras de um condensador, chega o momento em que se dá uma descarga em forma de faísca ou arco eléctrico através do dieléctico se este for constituído por um corpo sólido (papel, plástico, vidro), o arco eléctrico perfura-o inutilizando irremediavelmente o condensador.

A tensão que produz a faísca ou arco eléctrico através do dieléctico chama-se tensão de rotura.

Ela depende da qualidade do dieléctico e é tanto mais elevada quanto maior for a espessura deste.

Para o mesmo condensador, a tensão de ruptura é variável com a temperatura, isto é, quanto mais elevada for a temperatura, menor será a tensão que produz a perfuração do dielétrico.

Assim, um condensador que resista a uma certa tensão poderá não lhe resistir se a temperatura for aumentada.

Para que um condensador se encontre carregado armazenando energia eléctrica, é necessário aplicar uma diferença potencial ou uma tensão entre as suas armaduras.

Se esta tensão é fornecida por uma bateria, uma das placas do condensador fica ligada ao terminal positivo e a outra ligada ao terminal negativo da mesma.

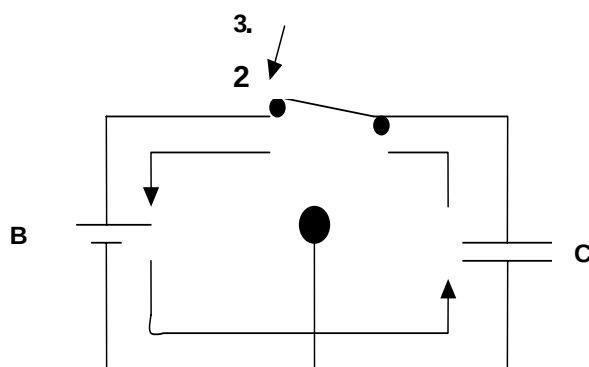


Fig.7.4 – Carga do condensador

Na Figura 7.4 verifica-se que o interruptor I é deslocado do ponto 3 para 2 por forma que os terminais da bateria ligados ao condensador carregando-o.

No momento de carga do condensador existe um fluxo de electrões para a placa negativa e um fluxo de electrões a saírem de placa positiva para a bateria.

Passa a existir uma força electrostática no dielétrico do condensador que denominamos de campo eléctrico e pode ser representado por linhas de força existentes entre as duas placas.

Em todos os condensadores é marcado, pelo fabricante, a capacidade do condensador, a tensão de ruptura, a temperatura e muitas vezes a polaridade do mesmo.

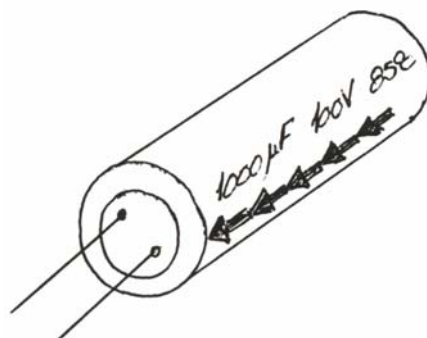


Fig.7.5 – Marcação dum condensador

7.1.3 – DESCARGA DO CONDENSADOR

Adquirindo um potencial igual ao dos pólos do gerador cessa a corrente no circuito como vimos em 7.1.1- Carga do condensador.

Se as armaduras forem depois desligadas do gerador e ligadas em 1(ver Fig.7.6) dá-se a descarga do condensador C.

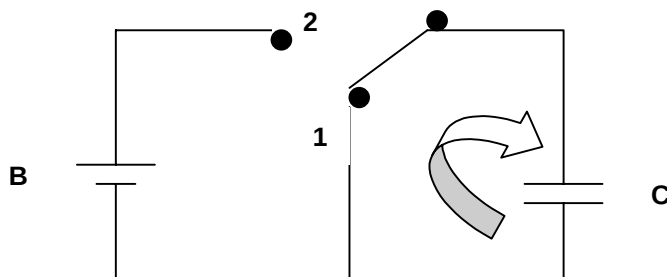


Fig.7.6 – Descarga do condensador

No momento em que o interruptor I é posto na posição 1, produz-se uma corrente mas com sentido contrário à corrente de carga do condensador.

Esta corrente termina quando não existir campo eléctrico no dieléctico do condensador e consequentemente o potencial se igualar nas armaduras.

7.1.4 – CAPACIDADE DOS CONDENSADORES

A quantidade de electricidade armazenada num condensador (carga) é tanto maior quanto mais elevada for a tensão aplicada às armaduras.

Essa quantidade de electricidade (Q) é igual ao produto da tensão (V) pela capacidade de armazenamento deste (C).

$$Q = C \times V$$

Onde:

$$C = \frac{Q}{V}$$

C = Capacidade do condensador

Q = Carga armazenada pelo condensador

E = Tensão aplicada aos terminais do condensador

A unidade de capacidade utilizada é o Farad, como um Farad representa uma capacidade .

Unidade	MÚLTIPLOS E SUBMÚLTIPLOS	
	Símbolo	Designação
0,001 F	1 mF	1 mili Farad
0,000 001 F	1 µF	1 micro Farad
0,000 000 001	1 nF	1 nano Farad
0,000 000 000 001 F	1 pF	1 pico Farad

Como todo o circuito apresenta alguma resistência, para carregar um condensador sempre se leva um certo intervalo de tempo definido.

O tempo exacto depende tanto da resistência (R) do circuito de carga, como da capacidade (C) do condensador.

A relação entre essas duas grandezas e o tempo de carga é expressa pela seguinte equação.

$$T = RC$$

Onde:

T = Constante de tempo capacitivo

R = Resistência

C = Capacidade do condensador

7.1.5 – ASSOCIAÇÃO DE CONDENSADORES

Os condensadores podem ser associados de vários modos:

Associação em série

Associação em paralelo

Associação em série:

A capacidade C de um grupo de condensadores.

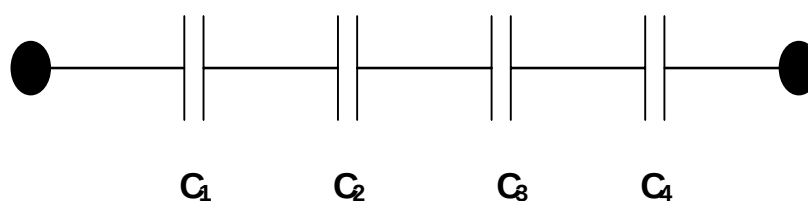


Fig.7.7 – Associação em série

A tensão aplicada ao grupo reparte-se por cada um dos compensadores na razão inversa das suas capacidades.

A capacidade resultante pode ser calculada pela fórmula:

$$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4}}$$

Associação em paralelo:

A capacidade C de um grupo de condensadores em paralelo é igual à soma das capacidades dos vários condensadores.

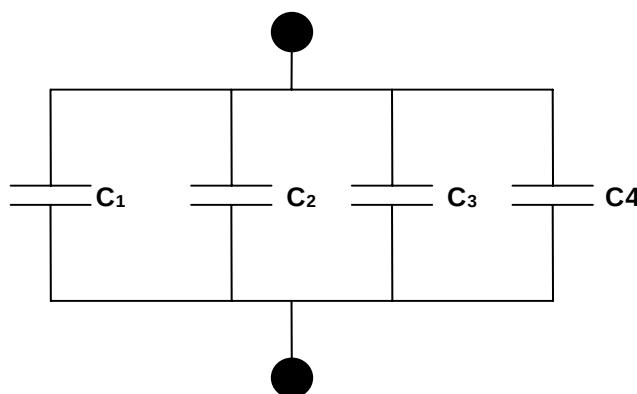


Fig.7.8 – Associação em paralelo

A capacidade resultante pode ser calculada pela formula:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4$$

7.1.6 - APLICAÇÕES

O condensador tem muitas aplicações em circuitos de corrente contínua. Um desses casos, por exemplo, é a sua aplicação em circuitos onde a tensão elevada pode levar à criação de arco eléctrico principalmente nos contactos dum interruptor tal como se pode ver na figura seguinte.

Quando se abre o interruptor, a corrente tende a continuar a passar através de uma faísca visível entre os seus contactos.

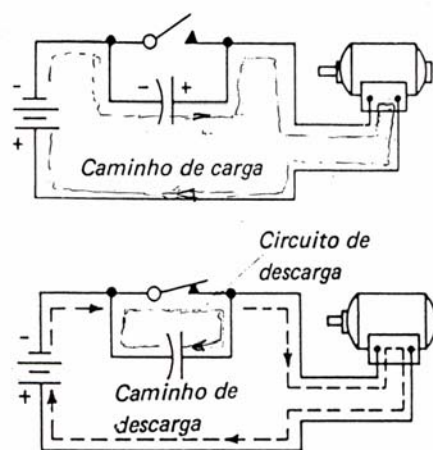


Fig.7.9 – Circuito de protecção do interruptor

Um condensador ligado entre os contactos do interruptor fornece um caminho para o fluxo de corrente até que o interruptor esteja completamente aberto.

Por esta razão, nos sistemas convencionais de ignição por platinados, existe um condensador em paralelo com os platinados, por forma a eliminar o arco eléctrico no momento de abertura destes, alongando o seu tempo de vida útil.

Por esta razão, nos sistemas convencionais de ignição por platinados, existe um condensador em paralelo com os platinados, por forma a eliminar o arco eléctrico no momento de abertura destes, alongando o seu tempo de vida útil.

Quando os platinados abrem, continua a passar corrente para a bobine, agora através do circuito do condensador.

Por um lado, vai evitar a produção de faísca entre os platinados e, por outro lado provoca o carregamento do condensador.

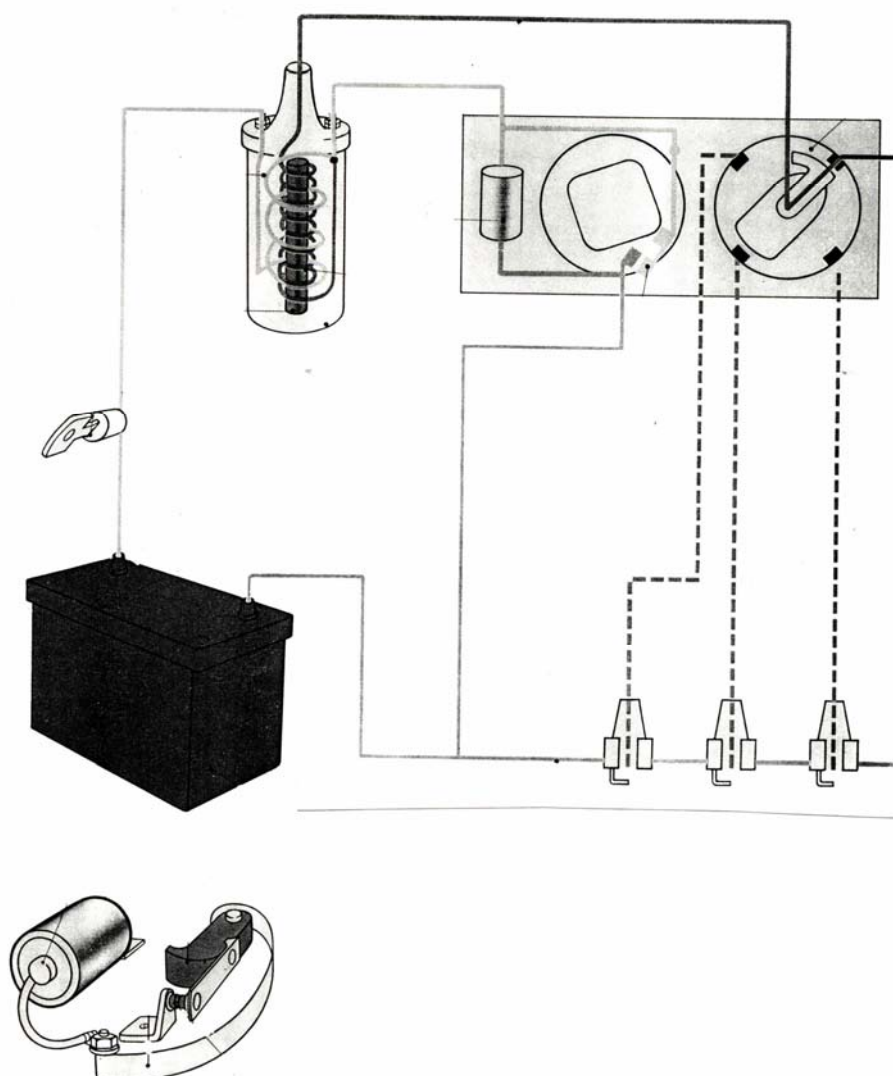


Fig.7.10 – Condensador intercalado num circuito de ignição automévil

Logo que a carga do condensador atinge um certo valor, cessando a ligação com a bobine, gera-se a descarga do condensador, produzindo uma corrente em sentido contrário através da bobine.

8 – MEDIÇÃO DE GRANDEZAS ELÉCTRICAS

Basicamente, só há duas grandezas eléctricas possíveis de serem quantificadas ou medidas; são elas a corrente e a tensão ou diferença de potencial.

A relação entre uma e outra dá o valor da resistência e o produto indica a potência utilizada.

8.1 – O AMPERÍMETRO

Pelo que foi dito, o amperímetro é o aparelho que se destina a medir ou quantificar o fluxo de corrente eléctrica ou intensidade de corrente. Para tal o amperímetro é sempre colocado no circuito em série por forma a medir a corrente que por lá passa. Como tal, a resistência interna do amperímetro deve ser o mais baixa possível para não afectar o funcionamento do circuito eléctrico.

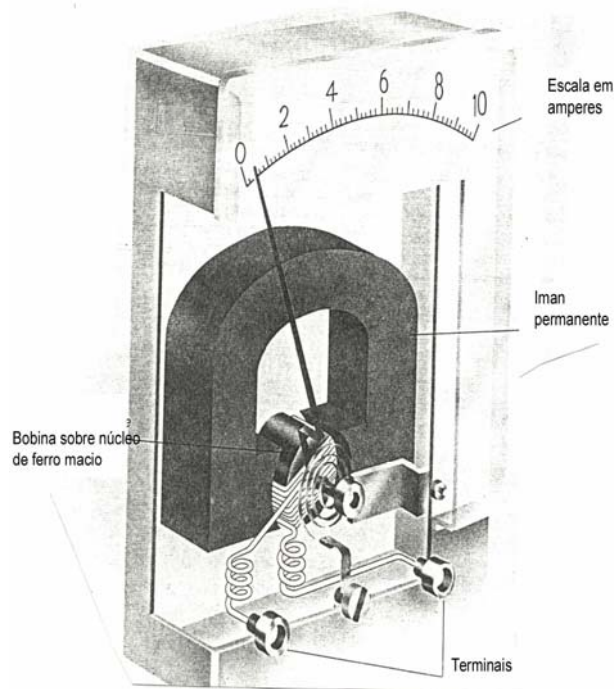


Fig.8.1 - Amperímetro

Pela análise da figura anterior, verificamos que a força de torção atribuída a uma corrente pode ser utilizada para medir a intensidade de corrente eléctrica.

O aparelho da figura 8.1 é constituído por um quadro móvel solidário com um eixo. Este quadro móvel contém um enrolamento que quando percorrido por uma corrente cria um campo magnético que na presença do íman permanente faz movimentar o ponteiro do aparelho.

O quadro móvel tem também solidário uma mola que constitui o binário denominado por antagonista que tem como função não deixar o ponteiro ir até ao final da escala. Assim, quanto maior for a corrente tanto maior será a força de torção e o ângulo de viragem da bobina. Podemos então marcar uma escala angular com unidades de corrente.

8.2 – VOLTÍMETROS

A diferença de potencial ou tensão é medida por um amperímetro sensível com resistências elevadas em série com o mesmo. A resistência interna do voltímetro deve ser alta.

A diferença de potencial ou tensão é medida por um amperímetro sensível com resistências elevadas em série com o mesmo.

Um voltímetro de escala múltipla possui diversas resistências e um interruptor com diversas posições que permite escolher a resistência que concede à escala, a posição adequada à tensão que se está a medir.

8.3 – MULTÍMETROS

Os multímetros são instrumentos indispensáveis numa oficina para medição e certificação do estado dos circuitos eléctricos e dos seus componentes.

O multímetro realiza várias funções, sendo as mais comuns a medição das três principais grandezas da electricidade, a corrente, a tensão e a resistência.

Os multímetros digitais podem até possuir mudança automática de escala.

Os multímetros mais completos medem também frequências, temperaturas, rotações do motor, ângulos de came ou ciclo de trabalho.

É também, comum a possibilidade de testar semicondutores tais como diodos, transístores e testar a continuidade de circuitos eléctricos ou electrónicos.

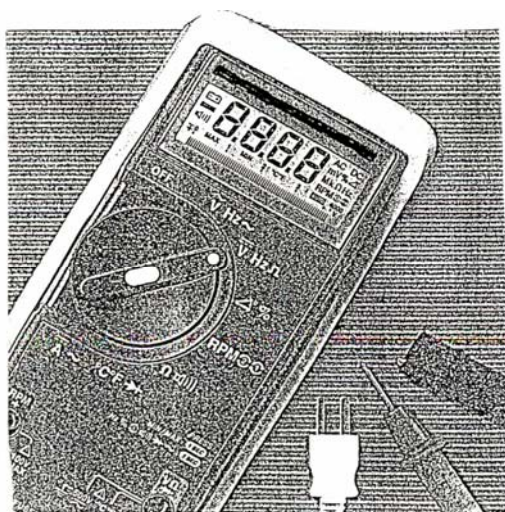


Fig.8.2 – Multímetro digital

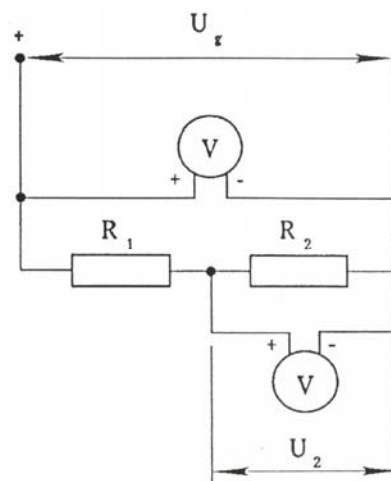
8.4 – MEDIÇÃO DA TENSÃO

Deve-se ter em atenção, em primeiro lugar, se as pontas de prova estão correctamente colocadas nas tomadas do multímetro (vermelho = positivo). Em seguida tem que se escolher no botão selector o tipo de tensão a medir, alterna ou contínua. Outra acção importante é o cálculo aproximado da grandeza a medir, de modo a seleccionar a escala de medição adequada. Se este cálculo não for executado, deve-se escolher a maior escala possível.

V - Multímetro como Voltímetro

U_g - Tensão total

U_2 - Tensão em R_2


Fig.8.3 – Medição da tensão aos terminais de R_2

Para medir a tensão, o multímetro tem que ser **sempre ligado em paralelo** com o componente, ou circuito, que se deseja verificar a queda de tensão.

8.5 – MEDIÇÃO DA CORRENTE

A ligação das pontas de prova ao multímetro deve ser feita nas tomadas correctas. Tal como no caso anterior, deve-se seleccionar o tipo de corrente a medir, alterna ou contínua, e a escala adequada.

Para medir intensidades de corrente, o multímetro deve ser **sempre ligado em série** com o circuito a medir.

A - Multímetro como Amperímetro

U_g - Tensão total

I_1 - Corrente em R_1

I_2 - Corrente em R_2

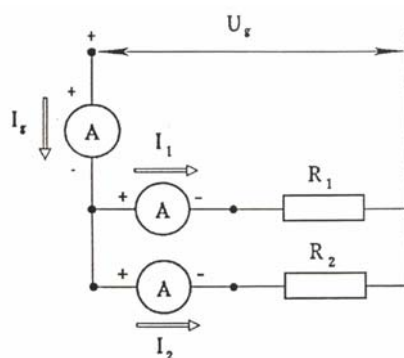


Fig.8.4 – Medição de corrente total do circuito, em R_1 e R_2

8.6 – MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA

Os componentes e os circuitos, durante as medições da resistência, não devem ter qualquer tensão aplicada. Se esta recomendação não for tomada em linha de conta, o multímetro ficará certamente danificado. Como tal, recomenda-se que a resistência a ser medida seja parcialmente ou totalmente retirada do circuito de forma que permita ao multímetro efectuar uma medida perfeita.

O multímetro dispõe da sua própria fonte de tensão (uma pilha eléctrica) para efectuar as medições da resistência.

W - Multímetro como Ohmímetro

U_g - Tensão total

R_{1e2} - Resistências

R_g - Resistência total medida

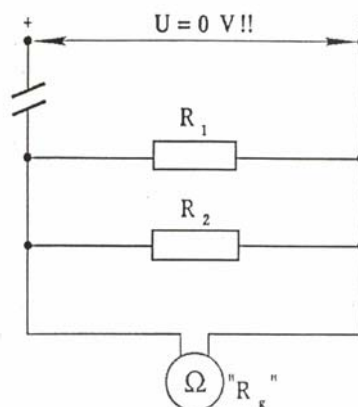


Fig. 8.5 - Medição da resistência total do circuito

Para medir resistências, o multímetro é **sempre ligado em paralelo** com o componente ou circuito.

Ao medir uma resistência individual dentro de um circuito, deve-se ter especial cuidado para assegurar que é apenas essa resistência que está a ser medida. Para isso deve-se desligar a entrada de corrente para essa resistência ou, se possível, retirá-la do circuito.

W - Multímetro como Ohmímetro

U_g - Tensão total

R_1 e R_2 - Resistências

R_g - Resistência total medida

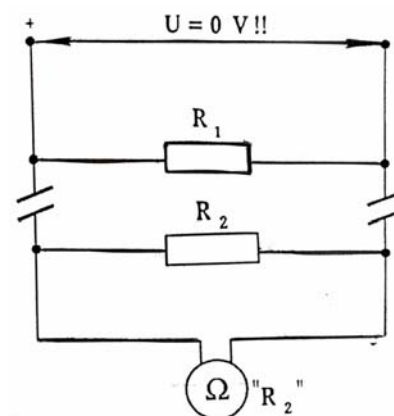


Fig. 8.6 - Medição duma resistência individual no circuito

BIBLIOGRAFIA

COOPER, Alain - *Ciência Visual ELECTRICIDADE* , Editorial Pública.

CRUZEIRO, Mario Rodrigues - *Estudo da Electricidade*, III Volume, Edições Salesianas.

CASTELA, Comandante José Filipe - *Electrotecnia e Máquinas Eléctricas*, Ministério da Marinha (Escola Náutica).

BENEVIDES, Francisco Fonseca - *Noções de Física Moderna*, Tomo II, Academia Real das Ciências.

SILVA, Rogério Castro e - *Curso de Electricidade Prática*, 3ª Edição, Editorial de Marinha, Ministério da Marinha (Escola Náutica).

FARIA, Ana Maria; VALADARES, Jorge António; SILVA, Luís Gonçalves da; TEODORO, Victor Duarte - *Física 1º Volume, Texto, Guia de Estudo, Manual de Actividades*, Didáctica Editora.

DOCUMENTOS DE SAÍDA

PÓS -TESTE

Em relação a cada um dos exercícios seguintes, são apresentadas 4 (quatro) respostas das quais apenas 1 (uma) está correcta. Para cada exercício indique a resposta que considera correcta, colocando uma cruz (x) no quadradinho respectivo.

1. Depois de friccionar uma vareta de vidro num pano de lã e aproximarmos a vareta de pedaços de papel, constatamos que:

- a) Os pedaços de papel repelem-se na vareta de vidro ☐
- b) Os pedaços de papel atraem-se na vareta de vidro ☐
- c) Nada acontece ☐
- d) A vareta de vidro aumenta de tamanho ☐

2. Ao friccionar uma vareta de vidro num pano de lã:

- a) O pano fica carregado negativamente e a vareta positivamente ☐
- b) O pano fica carregado positivamente e a vareta negativamente ☐
- c) O pano e a vareta ficam com igual carga eléctrica embora seja notório o aquecimento das duas partes devido à fricção ☐
- d) A vareta de vidro fica fisicamente deformada tal como o pano devido à cedência de carga eléctrica ☐

3. Ao tocar com o dedo num corpo electrizado positivamente como é o caso da vareta de vidro verifica-se que o corpo deixa de se apresentar electrizado passando a possuir carga eléctrica neutra.

Isto deve-se ao facto de:

- a) O dedo estar electrizado positivamente ☐
- b) O dedo ser especial. ☐
- c) O dedo constituir uma ligação com a terra através do nosso corpo fazendo com que a terra ceda carga negativa à vareta de vidro fazendo com que esta fique neutralizada ☐
- d) O dedo não ter sido friccionado com o pano de lã ☐

4. O que são materiais mais maus condutores?

- a) São todos de má qualidade ☐
- b) São todos aqueles que efectuem uma boa troca de electrões. ☐
- c) São todos aqueles que dificultam uma boa troca de electrões ☐
- d) São todos os que se utilizam nas instalações eléctricas ☐

5. O que são materiais bons condutores?

- a) São todos os materiais de boa qualidade ☐
- b) São todos os materiais que facilitam a passagem de corrente eléctrica. ☐
- c) São todos aqueles que se utilizam a passagem de corrente eléctrica ☐
- d) São todos os materiais que se conseguem ligar ao circuito eléctrico ☐

6. A electricidade é:

- a) Movimento de protões ☐
- b) Movimento de electrões ☐
- c) Movimento de neutrões ☐
- d) Movimento de todas as partículas de átomo ☐

7. Num átomo, os electrões têm:

- a) Carga positiva situando-se no núcleo do átomo ☐
- b) Carga negativa situando-se fixos no núcleo do átomo. ☐
- c) Não têm carga eléctrica ☐
- d) Carga negativa viajando em torno do núcleo sendo os responsáveis pela troca de cargas eléctricas entre os materiais ☐

8. Num átomo, os prótons têm:

- a) Carga positiva ☐
- b) Carga negativa ☐
- c) Não tem carga eléctrica ☐
- d) Carga positiva e carga negativa ☐

9. Num átomo, os neutrões têm:

- a) Carga positiva ☐
- b) Carga negativa ☐
- c) Não tem carga eléctrica ☐
- d) Têm todo o tipo de carga eléctrica ☐

10. O átomo de hidrogénio apresenta, orbitando, em torno do seu núcleo:

- a) 1 electrão ☐
- b) 2 electrões ☐
- c) 3 electrões ☐
- d) 4 electrões ☐

11. Uma molécula de água é composta por:

- a) 1 átomo de hidrogénio e 2 átomos de oxigénio ☐
- b) 2 átomo de hidrogénio e 1 átomos de oxigénio ☐
- c) 1 átomo de hidrogénio e 1 átomos de oxigénio ☐
- d) 2 átomo de hidrogénio e 2 átomos de oxigénio ☐

12. Um ião positivo é uma partícula que:

- a) Tem carga positiva a mais ☐
- b) Tem carga positiva a menos ☐
- c) Não tem carga eléctrica ☐
- d) Tem carga que nós quisermos ☐

13. A corrente eléctrica é:

- a) O movimento orientado de electrões num condutor ☐
- b) O movimento orientado de protões num condutor ☐
- c) O movimento orientado de neutrões num condutor ☐
- d) O movimento caótico de electrões colidindo uns com os outros não tendo direcção nem sentido definidos num condutor ☐

14. Qual é a secção de um fio de cromoníquel cuja $r = 1,09 \text{ W mm}^2/\text{m}$: tem um comprimento de 30 mt e suposta uma corrente de 10 [A] com uma tensão de 220 [V].

- a) 2 mm^2 ☐
- b) $1,75 \text{ mm}^2$ ☐
- c) $1,48 \text{ mm}^2$ ☐
- d) $1,25 \text{ mm}^2$ ☐

15. Qual a resistência equivalente do circuito paralelo com uma resistência de 800Ω e outra de $1,2 \text{ K}\Omega$

- a) 670Ω ☐
- b) $0,470 \Omega$ ☐
- c) $1,48 \Omega$ ☐
- d) 480Ω ☐

16. As resistências de 30Ω e 40Ω estão ligadas em série e, entre os terminais de resistência de 30Ω há uma tensão de 24[V]. Qual a tensão nos terminais da resistência de 40Ω .

- a) 32 V ☐
- b) 3,2 V ☐
- c) 28 V ☐
- d) 0,32 V ☐

17. Quando se funde uma lâmpada num circuito eléctrico paralelo

- a) A intensidade da corrente sobe ☐
- b) A intensidade da corrente baixa ☐
- c) O circuito de corrente deixa de funcionar ☐
- d) A intensidade de corrente mantém-se inalterável ☐

18. A finalidade dos fusíveis é:

- a) Transformar a corrente de baixa em alta tensão ☐
- b) Evitar que a instalação se queime no caso de haver curto-circuito ☐
- c) Proteger a bateria no caso de curto-circuito ☐
- d) Tornar os circuitos eléctricos mais bonitos e mais completos ☐

19. Qual é a unidade que geralmente exprime a intensidade da corrente que atravessa um condutor?

- a) Ampere ☐
- b) Ohm ☐
- c) Volt ☐
- d) Watt ☐

20. A unidade que geralmente exprime a frequência é:

- a) Ciclo ☐
- b) Segundo ☐
- c) Hertz ☐
- d) Ampere ☐

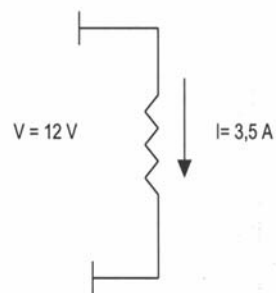
21. Qual é a resistência de um fio de cromoniquel cuja resistividade é de $1,09 \text{ W mm}^2/\text{m}$ tendo este fio 1 metro de comprimento e uma espessura de 1 mm^2 ?

- a) $1,09 \text{ W}$ ☐
- b) 109 W ☐
- c) 1900 W ☐
- d) $0,109 \text{ W}$ ☐

22. Qual deverá ser a intensidade de uma corrente que alimenta uma lâmpada sob tensão de 12 V sabendo que a sua resistência é de 24 V .

- a) $0,5 \text{ A}$ ☐
- b) 1 A ☐
- c) $1,5 \text{ A}$ ☐
- d) 2 A ☐

23. Determine qual é a resistência de bobine.



- a) 36Ω ☐
- b) $3,4 \Omega$ ☐
- c) $0,29 \Omega$ ☐
- d) 42Ω ☐

24. Qual é o sentido real ou electrónico da corrente eléctrica?.

- a) É o do pólo negativo para o pólo positivo ☐
- b) É o do pólo positivo para o pólo negativo ☐
- c) Não se consegue verificar ☐
- d) É indiferente ☐

25. Qual é o tipo de corrente eléctrica que alimenta os circuitos eléctricos convencionais de um automóvel?

- a) Bateria ☐
- b) Contínua ☐
- c) Alternada ☐
- d) Estática ☐

26. Quais são as três principais grandezas eléctricas:

- a) São a diferença de potencial, voltagem, intensidade ☐
- b) São a intensidade, corrente eléctrica, intensidade ☐
- c) São a corrente eléctrica, diferença de potencial, resistência ☐
- d) Depende do aparelho de medida utilizado ☐

27. As letras I, V, R identificam as seguintes grandezas eléctricas:

- a) Frequência, potência, resistência ☐
- b) Corrente eléctrica, voltagem, resistência ☐
- c) Intensidade de corrente, diferença de potencial, resistência ☐
- d) Intensidade de corrente, diferença de potencial, resistividade ☐

28. Qual a razão de se montar um fusível no circuito eléctrico?

- a) Proteger o circuito eléctrico ☐
- b) Ligar e desligar o circuito eléctrico ☐
- c) Iluminar o circuito eléctrico quando se liga ☐
- d) Manter o circuito sempre a funcionar ☐

29. A queda de tensão num cabo com 1,20 metros de comprimento e uma resistência de 0,005 W por cada metro, quando percorrido por corrente de 200 A, é:

- a) 1,2 V ☐
- b) 12 V ☐
- c) 0,6 V ☐
- d) 0,006 V ☐

30. O aparelho que serve para medir corrente eléctrica chama-se:

- a) Voltímetro ☐
- b) Ohmímetro ☐
- c) Amperímetro ☐
- d) Densímetro ☐

31. Dos aparelhos abaixo indicados, quais são os que fornecem corrente eléctrica do tipo contínua:

- a) Alternador, pilha, bateria ☐
- b) Pilha, bateria, dínamo ☐
- c) Lâmpada, bateria ☐
- d) Somente o alternador fornece corrente eléctrica ☐

32. O condensador é um aparelho eléctrico constituído por:

- a) Duas placas de material isolante que se dá o nome de armaduras e uma zona condutora entre as placas que se chama de dieléctrico ☐
- b) Uma placa de material isolante que se dá o nome de armadura e uma zona condutora com o nome de dieléctrico ☐
- c) Uma substância totalmente isoladora ☐
- d) Duas placas de material condutor que se dá o nome de armaduras e uma zona isolante entre as placas armaduras denomino de dieléctrico ☐

33. Num condensador de papel o dieléctrico é constituído por:

- a) Borracha ☐
- b) Plástico ☐
- c) Ferro ☐
- d) Papel ☐

34. A unidade de grandeza que caracterize a capacidade eléctrica dum condensador é:

- a) Ohm ☐
- b) Volt ☐
- c) Farad ☐
- d) Ampére ☐

35. Qual é o tipo de corrente eléctrica que alimenta os circuitos eléctricos de uma habitação?

- a) Estática ☐
- b) Alterna ☐
- c) Contínua ☐
- d) Nenhuma das anteriores ☐

36. Qual é o aparelho de medida que se utiliza para medir a intensidade da corrente eléctrica?

E como se faz a sua ligação ao circuito ou órgão eléctrico?

- a) Voltímetro, liga-se em paralelo ☐
- b) Intensímetro, liga-se em paralelo ☐
- c) Amperímetro, liga-se em série ☐
- d) Amperímetro, liga-se em paralelo ☐

37. A figura seguinte representa um comparador. Indique o valor correspondente à leitura.

- a) Fita métrica, liga-se em paralelo ☐
- b) Voltímetro, liga-se em paralelo ☐
- c) Voltímetro, liga-se em série ☐
- d) Lâmpada de prova, liga-se em paralelo ☐

38. Qual é o aparelho de medida que se utiliza para medir a resistência? E como se efectua a sua ligação ao circuito ou órgão eléctrico.

- a) Ohmímetro, liga-se em paralelo, mantendo todos os órgãos ou circuitos ligados à fonte de alimentação dos mesmos ☐
- b) Ohmímetro, liga-se em paralelo desligando todos os órgãos ou circuitos ligados à fonte de alimentação dos mesmos ☐
- c) Resistómetro. Liga-se em paralelo mantendo todos os órgãos do circuito ligado à fonte de alimentação ☐
- d) Não é necessário aparelhos de medida, verificam-se as cores. ☐

39. A resistência interna de um voltímetro deve ser::

- a) Elevada ☐
- b) Baixa ☐
- c) Ajustável ☐
- d) O voltímetro não tem resistência interna ☐

40. A resistência interna de um amperímetro deve ser

- a) Elevada ☐
- b) Baixa ☐
- c) Ajustável ☐
- d) O amperímetro não tem resistência interna ☐

41. Qual é o nome que se dá ao aparelho que reúne o voltímetro, amperímetro e o ohmímetro?

- a) Esse aparelho não se pode fabricar ☐
- b) Manómetro ☐
- c) Multímetro ☐
- d) O nome varia de fabricante para fabricante ☐

42. Quais são os componentes necessários para construir um circuito eléctrico simples:

- a) É necessário uma lâmpada, um interruptor e um fusível ☐
- b) É necessário um gerador, um consumidor, um interruptor e condutor ☐
- c) É necessário uma boa tomada e um candeeiro que dê boa luz ☐
- d) Todos os circuitos são sempre muito complicados e difíceis de construir ☐

43. Aplicando a fórmula correcta, determina qual é o valor da intensidade da corrente de um circuito eléctrico que está alimentada com uma tensão de 6 Volt tendo uma resistência de 32 ohm.

- a) É de 0,19 Amp ☐
- b) É de 19 Amp ☐
- c) É de 1,875 Amp ☐
- d) É de 900 Amp ☐

44. Aplicando a fórmula correcta e sabendo que a intensidade da corrente é de 30 Amp e que a resistência é de 400 miliohms, qual é a diferença de potencial que alimenta este circuito?

- a) É de 12 Volts ☐
- b) É de 75 Volts ☐
- c) É de 0,0133 Volts ☐
- d) É de 1200 Volts ☐

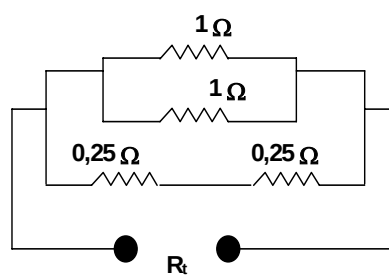
5. Aplicando a fórmula correcta e sabendo que a diferença de potencial é de 24 Volts, e que a intensidade de corrente é de 6 Amp, qual é a resistência deste .

- a) É de 6 ohms ☐
- b) É de 144 ohms ☐
- c) É de 0,25 ohms ☐
- d) É de 4 ohms ☐

46. Aplicando a fórmula correcta e sabendo que uns faróis consomem 8 Amp ligados a um sistema de 12 volt, determine qual a potência eléctrica dos mesmos.

- a) A potência é de 96 Watts ☐
- b) A potência é de 1,5 Watts ☐
- c) A potência é de 0,866 Watts ☐
- d) A potência é de 60 Watts ☐

47. Determine qual é a resistência total do circuito abaixo indicado:



a) 3 ohms

☐

b) 1 ohm

☐

c) 0,25 ohms

☐

d) 2,5 ohms

☐

CORRIGENDA E TABELA DE COTAÇÃO DO PÓS-TESTE

N.º DA QUESTÃO	RESPOSTA CORRECTA	COTAÇÃO
1	B	1
2	A	1
3	C	1
4	C	1
5	B	1
6	B	1
7	D	1
8	A	1
9	C	1
10	A	1
11	B	1
12	A	1
13	A	2
14	C	3
15	D	3
16	A	3
17	B	2
18	B	2
19	A	2
20	C	2
21	A	3
22	A	3
23	B	3
24	A	2
25	B	2
26	C	2
27	C	1
28	A	2
29	A	3
30	C	2
31	B	2
32	D	2
33	D	2
34	C	2
35	B	2
36	C	2
37	B	2
38	B	2
39	A	2
40	B	2
41	C	3
42	A	3
43	A	4
44	A	4
45	D	4
46	A	4
47	C	4
TOTAL		100

ANEXOS

EXERCÍCIOS PRÁTICOS

EXERCÍCIO N.º 1 - MEDIÇÃO DE RESISTÊNCIAS E CONDENSADORES COM O MULTÍMETRO

- **MEDIÇÃO DE RESISTÊNCIAS E CONDENSADORES USANDO O MULTÍMETRO, REALIZANDO AS TAREFAS INDICADAS EM SEGUIDA, TENDO EM CONTA OS CUIDADOS DE HIGIENE E SEGURANÇA.**

EQUIPAMENTO NECESSÁRIO

- 1 MULTÍMETRO DIGITAL
- RESISTÊNCIAS ELÉCTRICAS
- CONDENSADORES DE PLASTICO
- CONDENSADORES ELECTROLITICOS
- POTENCIOMETROS
- PLACAS DE MATRIZES PARA ENSAIOS
- FIOS CONDUTORES

TAREFAS A EXECUTAR

- 1 – MEDIÇÃO DE RESISTÊNCIAS COM O OHMIMETRO.
- 2 – MEDIÇÃO DE TENSÃO E CORRENTE EM CIRCUITOS RESISTIVOS SÉRIE.
- 3 – MEDIÇÃO DE TENSÃO E CORRENTE EM CIRCUITOS RESISTIVOS PARALELO.
- 4 – MEDIÇÃO DE CAPACIDADE UTILIZANDO O MULTÍMETRO.

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DOS EXERCÍCIOS PRÁTICOS

EXERCÍCIO N.º 1 - MEDIÇÃO DE RESISTÊNCIAS E CONDENSADORES COM O MULTÍMETRO

TAREFAS A DESENVOLVER	GUIA DE AVALIAÇÃO (PESOS)
1 – Medição de resistências com o ohmímetro	5
2 - Medição de tensão e corrente em circuitos resistivos série	5
3 – Medição de tensão e corrente em circuitos resistivos paralelo	5
4 - Medição de capacidade utilizando o multímetro.	5
CLASSIFICAÇÃO	20