

Módulo de Electricidade

SALVADOR CAETANO, I.M.V.T., sa

PREFÁCIO

O objectivo da Formação através da utilização de um módulo de Electricidade é a aquisição de conhecimentos fundamentais de Electricidade e Electrónica e dos métodos de verificação de sistemas eléctricos.

1. Compreensão de termos eléctricos específicos
2. Compreensão da relação existente entre os circuitos eléctricos e os seus diagramas.
3. Compreensão da configuração base dos circuitos eléctricos e electrónicos e das suas características
4. Domínio dos métodos de medição de tensão, corrente e resistência
5. Compreensão da relação mútua entre tensão, corrente e resistência (utilizando a lei de Ohm)
6. Compreensão do significado de "queda de tensão" e como a calcular
7. Compreensão do funcionamento base de relés e condensadores
8. Compreensão das características de peças básicas de Electrónica, como díodos e transistores, e de circuitos electrónicos simples que os utilizam
9. Domínio dos métodos utilizados para detecção de curto-circuitos e circuitos interrompidos.

**TOYOTA MOTOR CORPORATION
SALVADOR CAETANO, IMVT, SA**

ÍNDICE













SÍMBOLOS UTILIZADOS NESTE CURSO	9
COMO UTILIZAR O MÓDULO DE ELECTRICIDADE	13
CONSTRUÇÃO DO MÓDULO DE ELECTRICIDADE	17
GLOSSÁRIO DE TERMOS ELÉCTRICOS E SÍMBOLOS	23
PRÁTICA	27
1. Circuitos eléctricos	29
2. Circuitos em paralelo *	31
3. Circuitos em série *	33
4. Circuitos em série - paralelo *	34
5. Medição da tensão	39
6. Medição da corrente	42
7. Medição da resistência	45
8. Tensão e corrente	49
9. Resistência e corrente	52
10. Resistência: cargas em paralelo	55
11. Resistência: cargas em série	57
12. Tensão: cargas em paralelo	59
13. Tensão: cargas em série	61
14. Corrente: cargas em paralelo	63
15. Corrente: cargas em série	65
16. Lei de Ohm	67
17. Quedas de tensão	70
18. Quedas de tensão: seu cálculo	74
19. Função dos relés	81
20. Potência eléctrica	84
21. Corrente e consumo de potência	87
22. Funcionamento dos condensadores	89
23. Funcionamento dos díodos	95
24. Funcionamento dos díodos Zener	99
25. Funcionamento dos LED's	101
26. Funcionamento dos transistores	103
INSPECÇÃO	109

MÓDULO DE ELECTRICIDADE

SALVADOR CAETANO, IMVT, SA
DIVISÃO TÉCNICA TOYOTA — FORMAÇÃO

SÍMBOLOS UTILIZADOS NESTE MANUAL

São os seguintes os símbolos utilizados neste Manual.

Nº	Símbolo	Significado
1		Assunto a ser estudado
2		Construção de um circuito
3		Peça prática (utilizada no circuito eléctrico)
4		Prática
5		Inspeção ou medição
6		Resposta, resultado de medição, etc.
7		Experiência
8		Comentário, nota, etc.
9		Lei, princípio geral, etc.
10		Explicação da operação decorrente
11		Utilização em veículos
12		Questionário

COMO UTILIZAR O MÓDULO DE ELECTRICIDADE

1. NOTAS INTRODUTÓRIAS

a. Quando utilizar o módulo de Electricidade, devem estar sempre disponíveis os seguintes artigos.

(1) Fonte de corrente contínua, 12 V, 10 A (bateria, etc.)

(2) Aparelho de teste de circuito ou multímetro

Se possível, aparelhos de teste com as seguintes capacidades:

- . Voltímetro 0 - 25 V (CC)
- . Amperímetro 0 - 20 A (CC)
- . Ohmímetro 0 - 500 k Ω

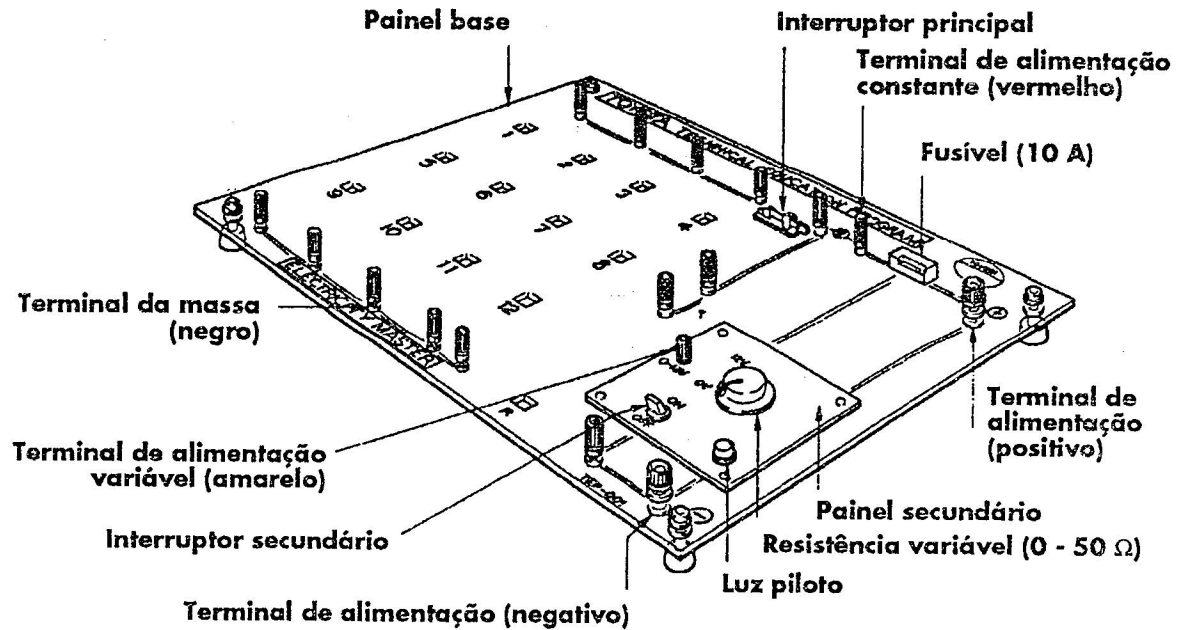
b. Efectue todas as experiências de acordo com as instruções indicadas neste Manual de Formação.

c. Tenha o cuidado de desligar o interruptor principal e o cabo de massa da bateria, antes de ligar qualquer peça eléctrica (depois de efectuar as ligações entre as peças, ligue o cabo da massa em primeiro lugar e, só depois, ligue o interruptor principal)

CONSTRUÇÃO DO MÓDULO DE ELECTRICIDADE

O módulo de Electricidade é composto pelas seguintes peças.



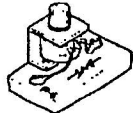
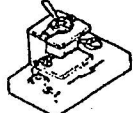



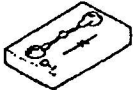
PAINEL BASE

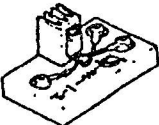


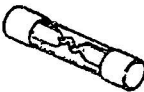




- NOTAS -

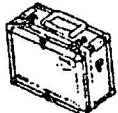
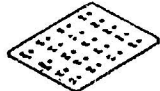
1. A luz piloto acende quando é ligada uma bateria ou qualquer outra fonte de alimentação aos terminais.
2. Depois de ligar o interruptor secundário (interruptor de tensão variável), rode o botão da resistência variável para ajustar a tensão (entre 0 e 12 V) do terminal de alimentação variável (amarelo).
3. Assegure-se de que todas as ligações com os terminais estão bem feitas.
4. Evite puxar os fios do painel.

PEÇAS ELÉTRICAS COMPONENTES

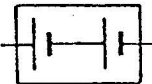
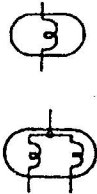



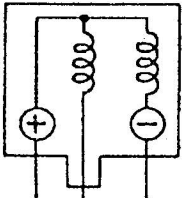


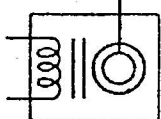






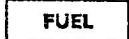


DESIGNAÇÃO	ILUSTRAÇÃO	Nº	ESPECIFICAÇÕES	QT.
Lâmpada		L-1	12 V 10 W	1
		L-2	12 V 5 W	2
		L-3	12 V 1/4 W	1
Resistência		R-1	100 Ω 2 W	1
		R-2	200 Ω 1 W	1
		R-3	300 Ω 1 W	1
		R-4	100 kΩ 1/4 W	1
		R-5	300 kΩ 1/4 W	1
Resistência variável		R-6	Variável, 50 Ω	1
Interruptor		S-1	Interruptor ON / OFF	1
Relé		Relé 1	Relé normalmente aberto (M4)	1
		Relé 2	Relé normalmente fechado (B4)	1
Capacidade (condensador)		C-1	Condensador electrolítico • 16 V 2200 μF • 16 V 470 μF	1
LED		L-4	12 V 1/4 W (com resistência de 100 Ω)	1
Díodo		D-1	Díodo normal 12 V, 2,5 A	1
		D-2	Díodo Zener 12V, V _Z = 5 - 7 V	1

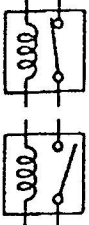

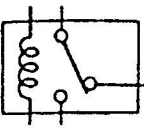
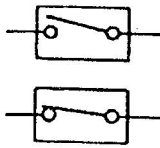

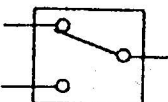

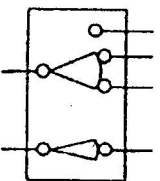

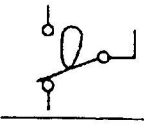

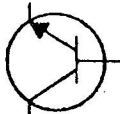
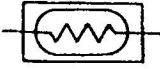

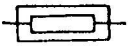

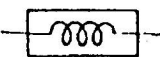
DESIGNAÇÃO	ILUSTRAÇÃO	Nº	ESPECIFICAÇÕES	QT.
Transistor		Tr-1	NPN, 2A 30 W, IC/IB = 140 (com resistência de 200 Ω)	1
			PNP, 2A 30 W, IC/IB = 140 (com resistência de 200 Ω)	1
Fio de alimentação		Tr-2		2
Fio				20
Fusível sobressalente			10 A	3
Lâmpada sobressalente			12 V, 10 W	2
			12 V, 5 W	2
Multímetro (com fio)			Consulte Manual de Operação	1

Outros

DESIGNAÇÃO	ILUSTRAÇÃO	QT.	DESIGNAÇÃO	ILUSTRAÇÃO	QT.
Mala		1	Placa		1

GLOSSÁRIO DE TERMOS E SÍMBOLOS ELÉCTRICOS

 <p>BATERIA Armazena energia química, convertendo-a em energia eléctrica. Fornece corrente alterna aos vários circuitos eléctricos do automóvel.</p>	 <p>FARÓIS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. FILAMENTO SIMPLES 2. FILAMENTO DUPLO <p>O fluxo de corrente faz aquecer o filamento e emitir luz. Um farol tanto pode apresentar filamento simples como duplo</p>
 <p>CAPACIDADE Pequena unidade destinada a conservar temporariamente uma carga eléctrica. Os condensadores com ligação à terra são conhecidos por condensadores.</p>	 <p>ISQUEIRO Resistência eléctrica com elemento aquecido</p>
 <p>DISJUNTOR Basicamente um fusível re-utilizável, o disjuntor aquece e abre quando passa corrente em excesso através dele. Alguns ligam automaticamente quando arrefecem, mas os outros têm de ser ligados manualmente.</p>	 <p>BOBINE DE IGNIÇÃO Converte a corrente alterna de baixa tensão em corrente de ignição de alta tensão, para inflamar as velas</p>
 <p>DIODO Semicondutor que permite a passagem de corrente apenas num sentido</p>	 <p>DIODO ZENER Diodo que permite o fluxo da corrente numa das direcções mas bloqueia a corrente inversa apenas a certa tensão. Acima desse potencial, só passa a corrente em excesso. Actua como um simples regulador de tensão.</p>
 <p>DISTRIBUIDOR, IIA Transmite corrente de alta tensão da bobine de ignição para as velas</p>	 <p>LED (DIODO EMISSOR DE LUZ) Sob um fluxo de corrente, estes díodos emitem luz sem produzir o calor. Utilizados em mostradores</p>
 <p>FUSÍVEL Fio metálico fino que queima quando é atravessado por uma corrente excessiva, interrompendo a passagem de corrente e protegendo o circuito de danos</p>	 <p>LUZ A passagem de corrente através de um filamento provoca o seu aquecimento e a emissão de luz</p>
 <p>CABO FUSÍVEL Fio de grande espessura montado em circuitos de elevada amperagem, que queima em caso de sobrecarga, protegendo o circuito</p>	 <p>MOSTRADOR ANALÓGICO A passagem de corrente acciona uma bobine magnética que faz deslocar uma agulha.</p>
 <p>CABO FUSÍVEL Fio de grande espessura montado em circuitos de elevada amperagem, que queima em caso de sobrecarga, protegendo o circuito</p>	 <p>MOSTRADOR DIGITAL A passagem de corrente acciona um ou mais LED's, LCD's (cristais líquidos) ou mostradores fluorescentes.</p>
 <p>MASSA Ponto em que o circuito liga ao chassis, proporcionando um retorno para um circuito eléctrico; sem massa (ou qualquer outro retorno), a corrente não pode fluir.</p>	 <p>MOTOR Unidade de potência que converte a energia eléctrica em energia mecânica, especialmente movimento mecânico.</p>

	<p>RELÉ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. NORMALMENTE FECHADO 2. NORMALMENTE ABERTO <p>Basicamente, um interruptor eléctrico, que pode estar normalmente aberto ou fechado. A passagem da corrente através de uma pequena bobine cria um campo magnético que abre ou fecha um interruptor.</p>	 <p>ALTFALANTE Dispositivo eléctrico que cria ondas sonoras a partir da passagem de corrente</p>
	<p>RELÉ DUPLO Relé que permite a passagem alternadamente da corrente, através de um jogo de contactos, ou de outro</p>	 <p>INTERRUPTOR MANUAL</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. NORMALMENTE ABERTO 2. NORMALMENTE FECHADO <p>Abre e fecha circuitos, interrompendo (1) ou permitindo (2) a passagem de corrente</p>
	<p>RESISTÊNCIA Componente eléctrico de resistência fixa, colocado num circuito para reduzir a tensão o um valor especificado</p>	 <p>INTERRUPTOR DUPLO Interruptor pelo qual passa sempre corrente, alternadamente por um dos jogos de contactos</p>
	<p>RESISTÊNCIA AJUSTÁVEL Resistência que cria dois ou mais valores fixos de resistência</p>	 <p>INTERRUPTOR DE IGNIÇÃO Interruptor accionado por chave, que permite que vários circuitos, particularmente o circuito primário de ignição, fique operacional</p>
	<p>RESISTÊNCIA VARIÁVEL (REÓSTATO) Resistência de valor controlável. Também se chama potenciômetro ou reóstato.</p>	 <p>INTERRUPTOR DE PARAGEM DOS LIMPA PARABRISAS Faz as escovas dos limpa parabrisas retornar automaticamente à posição de descanso, quando o limpa parabrisas é desligado</p>
	<p>SENSOR ANALÓGICO DE VELOCIDADE Utiliza impulsos magnéticos para abrir e fechar um interruptor e criar um sinal que activa outros componentes</p>	 <p>TRANSISTOR Dispositivo sólido utilizado como 'relé' electrónico; dá passagem ou não conforme a tensão aplicada à "base"</p>
	<p>SENSOR (TERMISTOR) Resistência que varia o seu valor em função da temperatura</p>	 <p>FIOS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. NÃO LIGADOS 2. LIGADOS
	<p>PINO DE CONTACTO Utilizado para possibilitar uma ligação permanente dentro de uma caixa de ligações</p>	 <p>Os fios são sempre representados como linhas rectas, nos diagramas. Os fios cruzados sem ponto negro no seu cruzamento (1) não estão unidos; estando representado o ponto negro (2), as ligações são cruzadas</p>
	<p>SOLENOIDE Bobine electromagnética que cria um campo magnético através da passagem de corrente para deslocar um êmbolo, etc.</p>	

PRÁTICA

1. CIRCUITOS ELÉCTRICOS



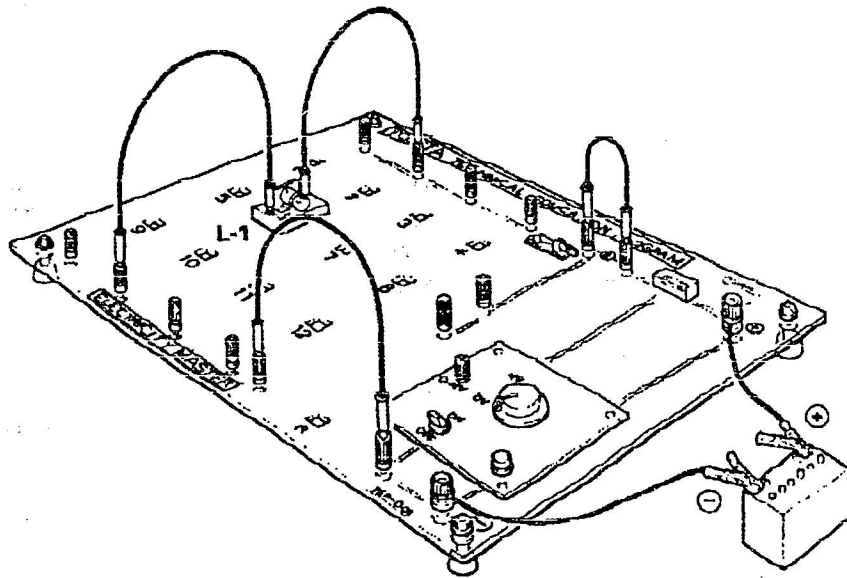
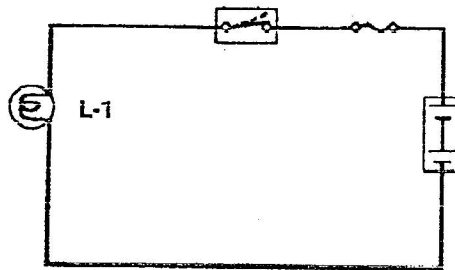
O que é um circuito eléctrico ?



L-1



Construa um circuito correspondente ao diagrama indicado a seguir.





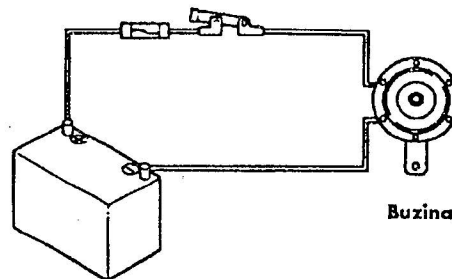
Quando é feita a ligação, a corrente flui do terminal positivo da fonte (bateria, etc.), através do fio, fusível, outro fio, interruptor principal, outro fio, lâmpada (L-1), mais fios, até ao terminal negativo da fonte. A luz acende.

Ao caminho seguido pela corrente chama-se **circuito eléctrico**.



CARGA

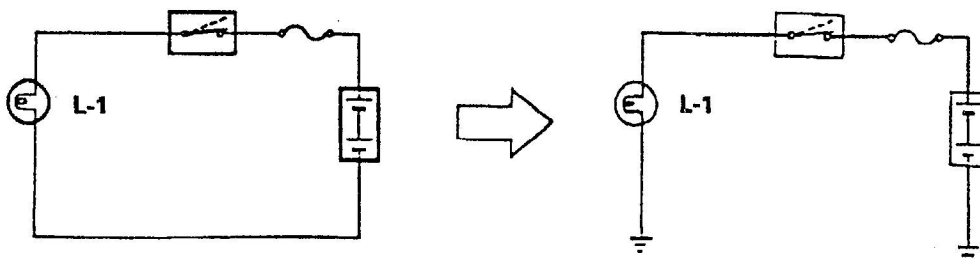
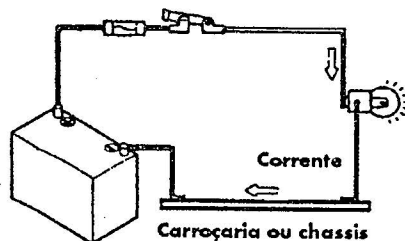
A ilustração da direita apresenta uma buzina no lugar da lâmpada. O dispositivo que consome electricidade (lâmpada, buzina, motor do limpa parabrisas, etc.) é chamado **carga**. Num circuito eléctrico, todas as cargas são consideradas resistências.



CIRCUITOS ELÉCTRICOS DE UM AUTOMÓVEL

Num circuito eléctrico automóvel, uma extremidade do fio de cada carga que retorna à bateria está ligado à carroçaria ou ao chassis. Portanto, a carroçaria ou o chassis funciona como um condutor, permitindo que a corrente passe através deles e retorne à bateria. A carroçaria ou o chassis são assim considerados massa ou terra do circuito (significa a parte do circuito por onde retorna a corrente para a bateria).

Portanto, os dois diagramas a seguir têm o mesmo significado, mas neste Manual serão sempre apresentados como se indica à direita.



2. CIRCUITOS EM PARALELO



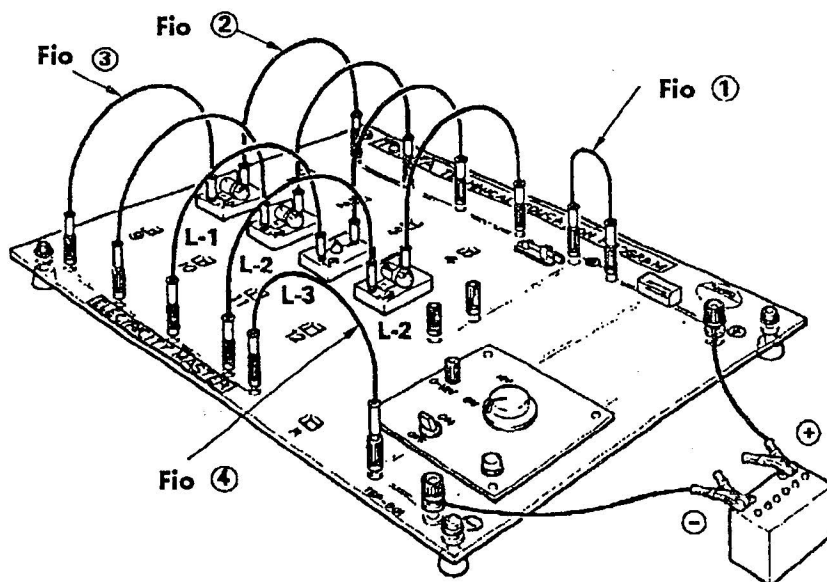
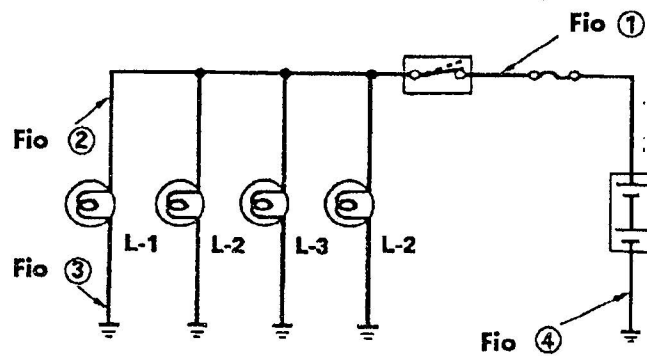
O que é um circuito em paralelo ?



L-1, L-2.....2, L-3



Construa o circuito correspondente ao diagrama indicado a seguir.





1. Que acontece às outras lâmpadas se uma delas for removida ?

2. Que acontece a cada uma das lâmpadas quando o fio (1) é removido ?

3. Que acontece a cada uma das lâmpadas quando o fio (2) é removido ?

4. Que acontece a cada uma das lâmpadas quando o fio (3) é removido ?

5. Que acontece a cada uma das lâmpadas quando o fio (4) é removido ?



Os circuitos de quase todos os dispositivos eléctricos ou sistemas utilizados em automóveis estão ligados em **paralelo**. Portanto, se apenas um dos sistemas estiver desligado, sabemos que o circuito de alimentação (fusível, fio, etc.) ou o circuito de massa desse sistema está interrompido, ou que o próprio dispositivo está deficiente. Contudo, quando dois ou mais sistemas deixam de funcionar simultaneamente, poderemos provavelmente concluir que todos os circuitos eléctricos (fusível, fios, massa, etc.) comuns estão interrompidos.

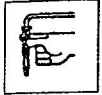
3. CIRCUITOS EM SÉRIE



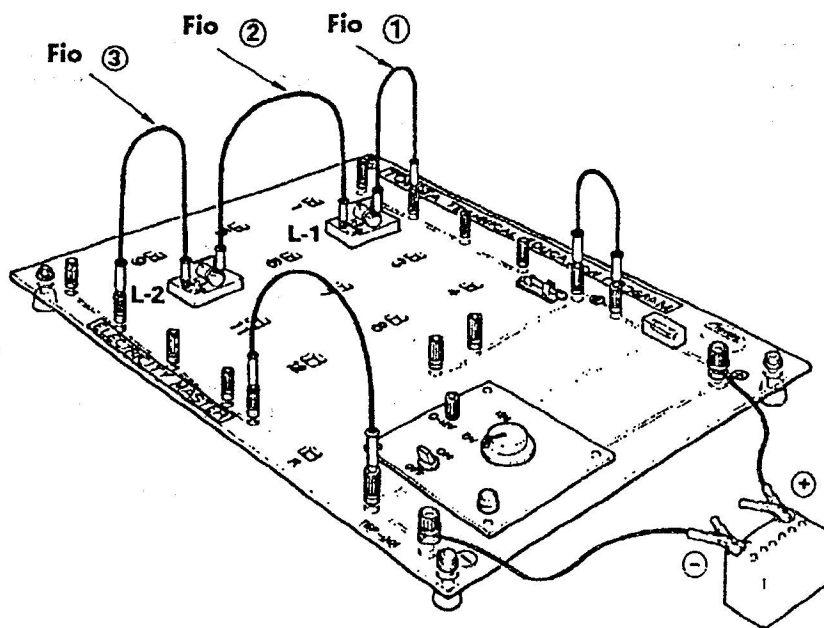
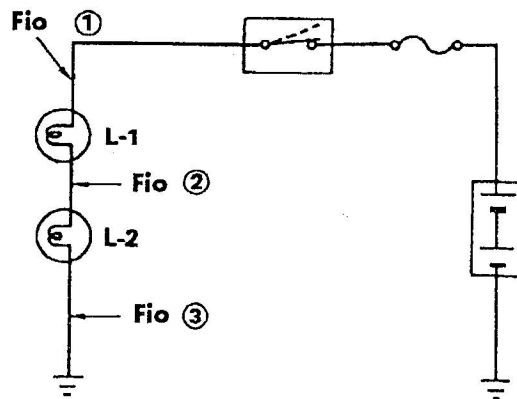
O que é um circuito em série ?

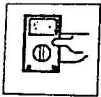


L-1, L-2



Construa o circuito correspondente ao diagrama indicado a seguir.





1. Que acontece à outra lâmpada se uma delas for desligada?

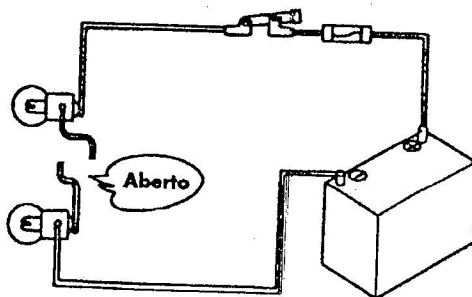
2. Que acontece a cada uma das lâmpadas quando o fio (1) é removido?

3. Que acontece a cada uma das lâmpadas quando o fio (2) é removido?

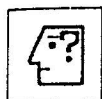
4. Que acontece a cada uma das lâmpadas quando o fio (3) é removido?



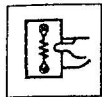
A corrente só pode atravessar um caminho, num circuito em série. Por isso, quando um circuito em série é interrompido em qualquer ponto, a corrente deixa de o atravessar.



4. CIRCUITOS EM SÉRIE-PARALELO



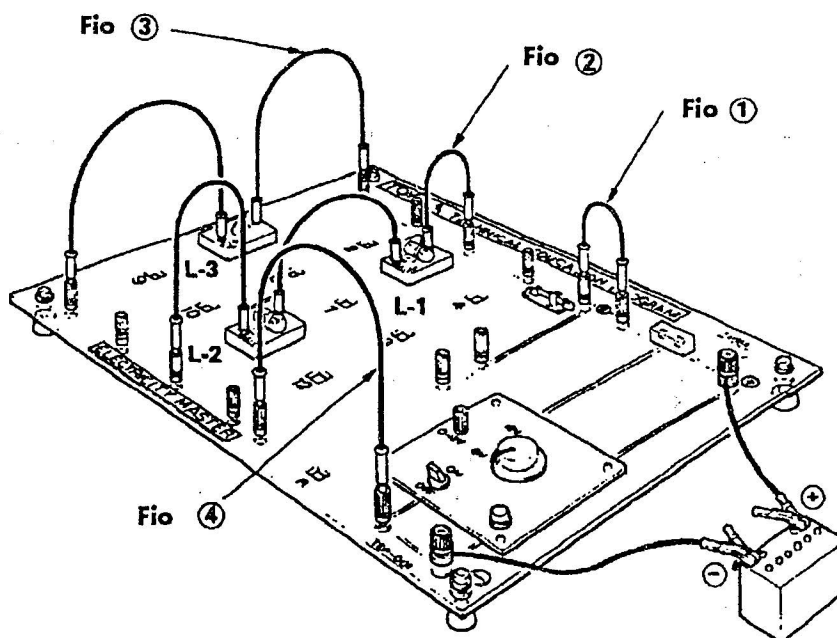
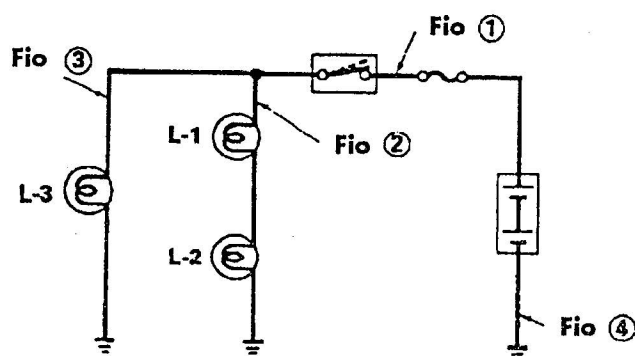
O que é um circuito em série-paralelo ?



L-1, L-2, L-3



Construa o circuito correspondente ao diagrama indicado a seguir.





1. Que acontece a cada uma das lâmpadas quando o fio (1) é removido ?

2. Que acontece a cada uma das lâmpadas quando o fio (2) é removido ?

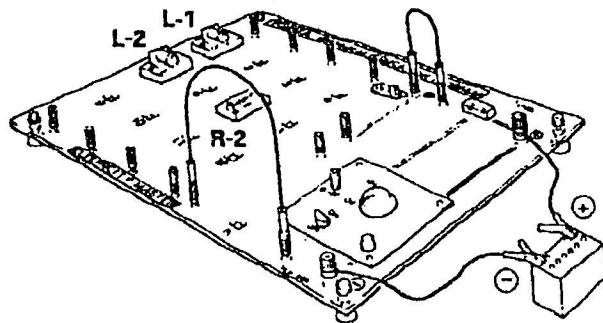
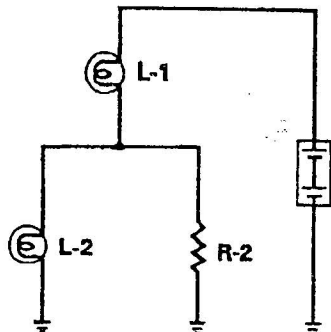
3. Que acontece a cada uma das lâmpadas quando o fio (3) é removido ?

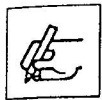
4. Que acontece a cada uma das lâmpadas quando o fio (4) é removido ?



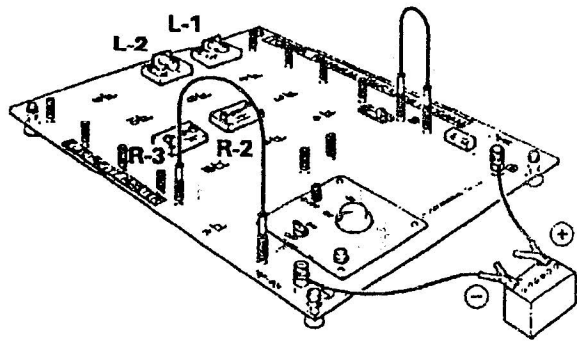
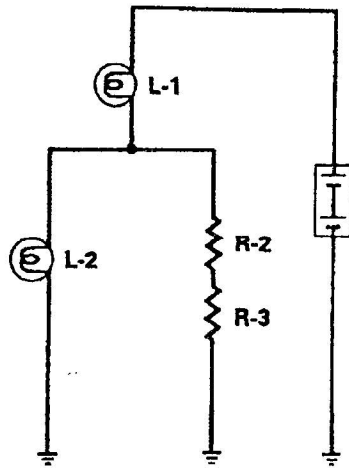
Com base nos diagramas eléctricos, desenhe os fios que completam os circuitos da ilustração.

(1)

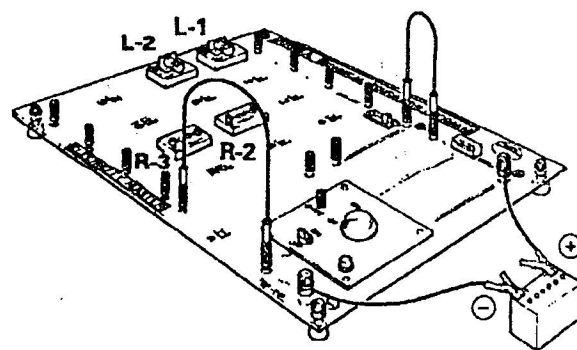
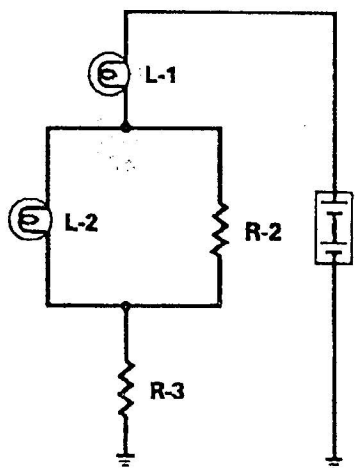




(2)

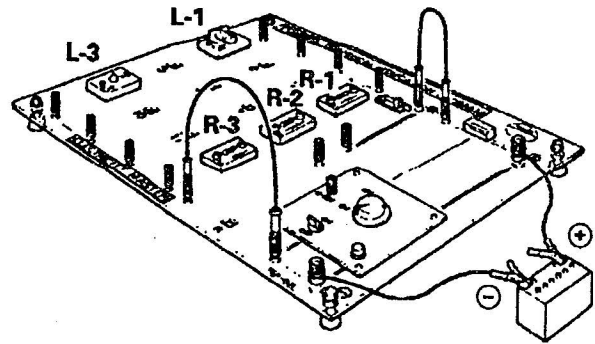
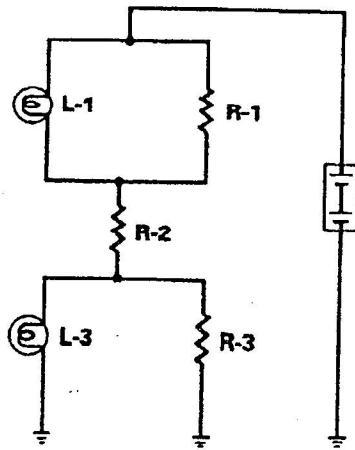


(3)

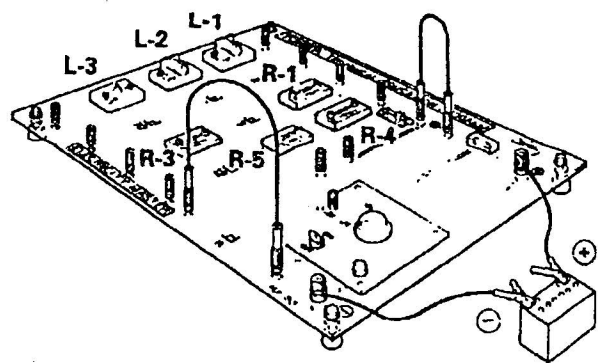
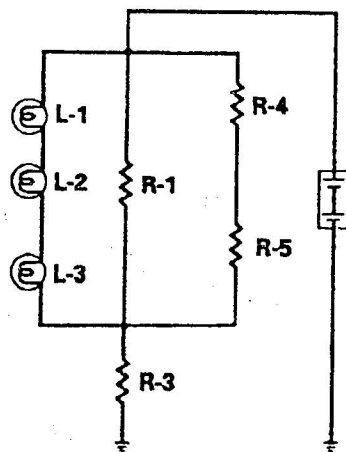




(4)



(5)



5. MEDIÇÃO DA TENSÃO



Como é medida a tensão ?

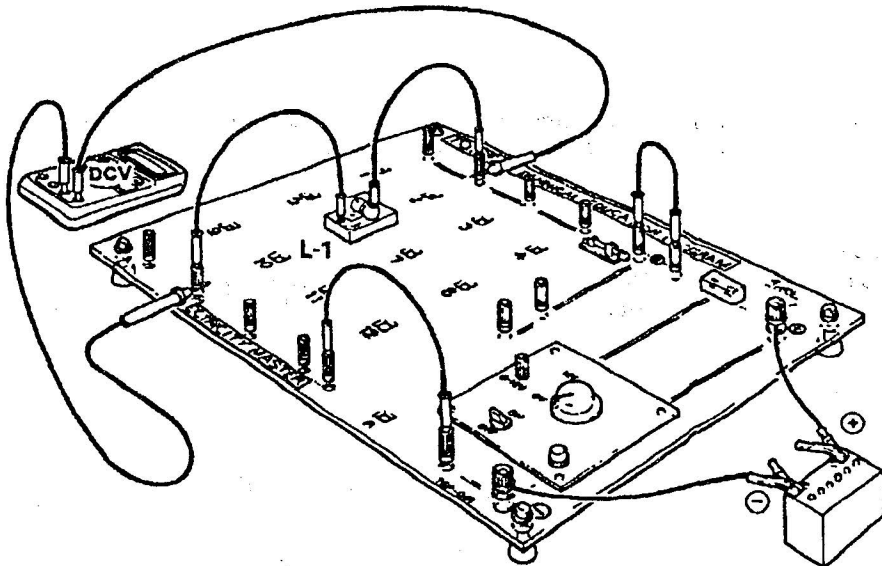
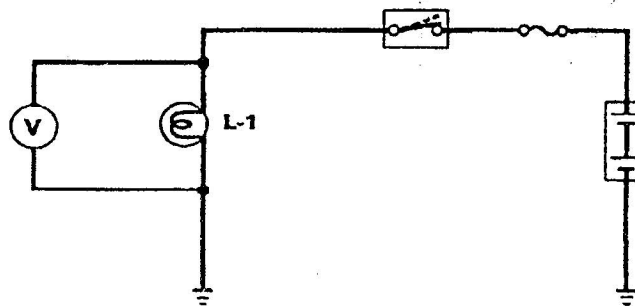


MEDIÇÃO 1

L-1



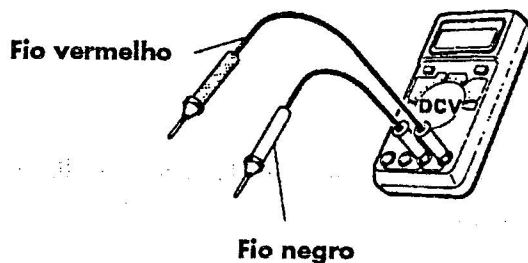
Construa o circuito correspondente ao diagrama indicado e, em seguida, meça a tensão (V), utilizando um multímetro.



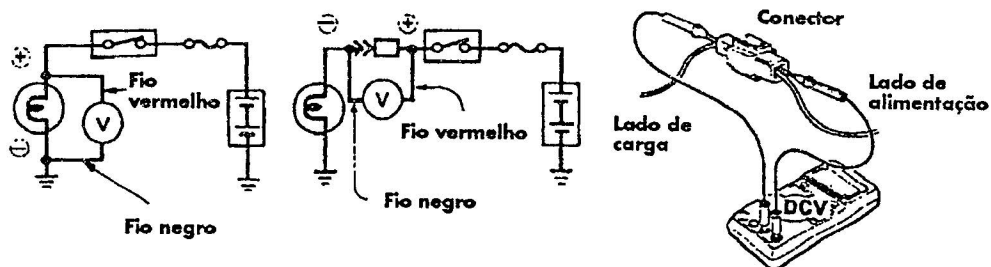


Como medir a tensão

1. Ligue a ponta de prova vermelha ao terminal positivo do aparelho de teste, e a ponta de prova negra ao terminal negativo.



2. Ligue as pontas de prova à carga em **paralelo**. Nestas circunstâncias, faça uma ligação de modo que a corrente passe da ponta de prova positiva (vermelha) para a ponta negativa (negra). Isto significa que a ponta positiva deveria estar **mais próxima** do terminal positivo da fonte, e a ponta negativa deveria estar **mais afastada** dele.

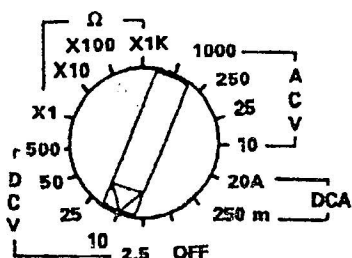


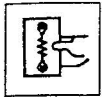
- NOTA -

Como um voltímetro tem uma grande resistência interior, não medirá correctamente a tensão se estiver ligado em série com a fonte.

Referência

No caso de um aparelho de este analógico, selecciona a gama adequada, de modo que a tensão máxima esperada possa ser medida, e leia o valor na escala própria.



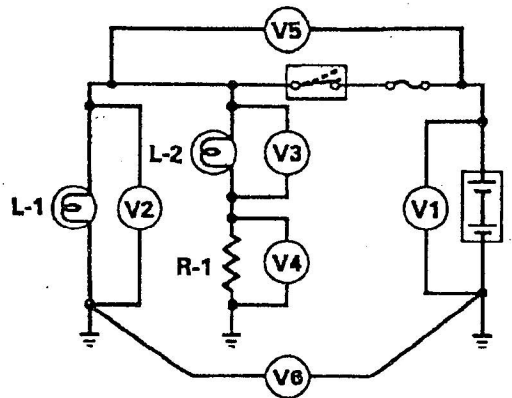


MEDIÇÃO 2

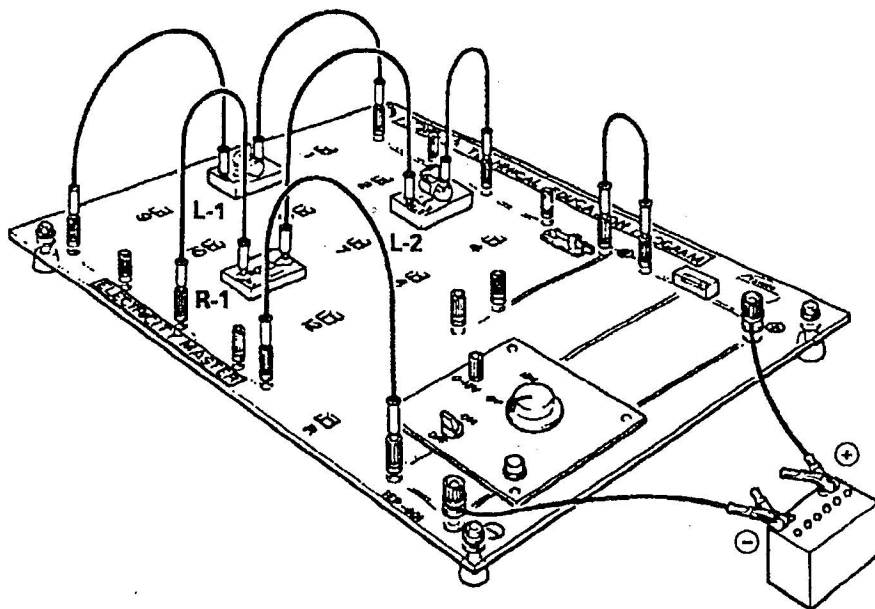
L-1, L-2, R-1



Construa o circuito correspondente ao diagrama indicado e, em seguida, meça as tensões V1 a V6, utilizando um multímetro.



V1				V
V2				V
V3	V	V4		V
V5				V
V6				V
V7				V



6. MEDIÇÃO DA CORRENTE



Como é medida a corrente ?

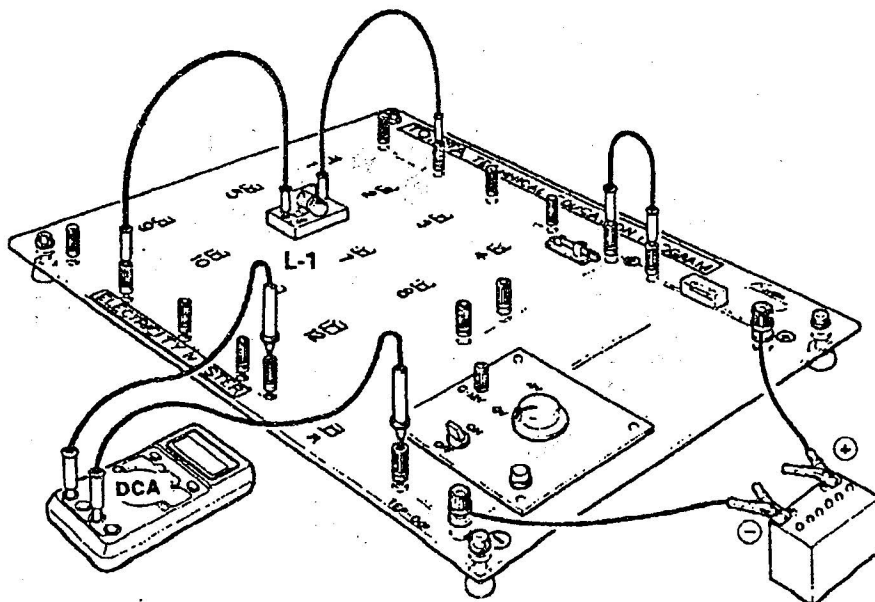
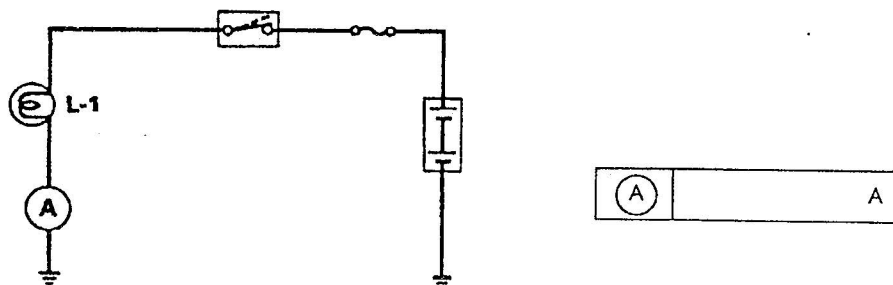


MEDIÇÃO 1

L-1



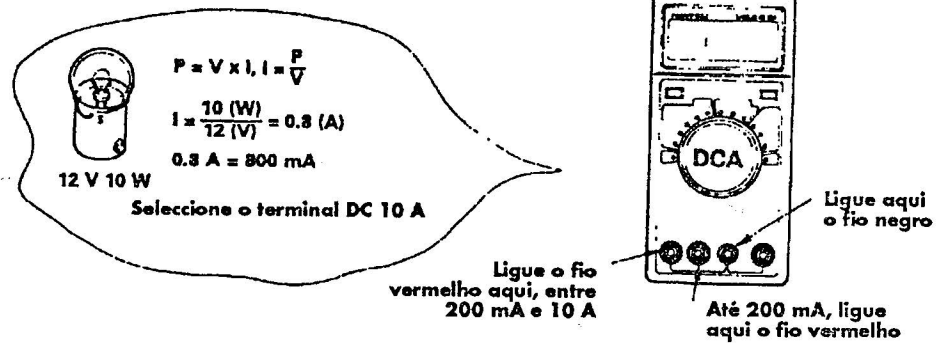
Construa o circuito correspondente ao diagrama indicado e, em seguida, utilizando um multímetro, meça a quantidade de corrente que passa através do circuito.



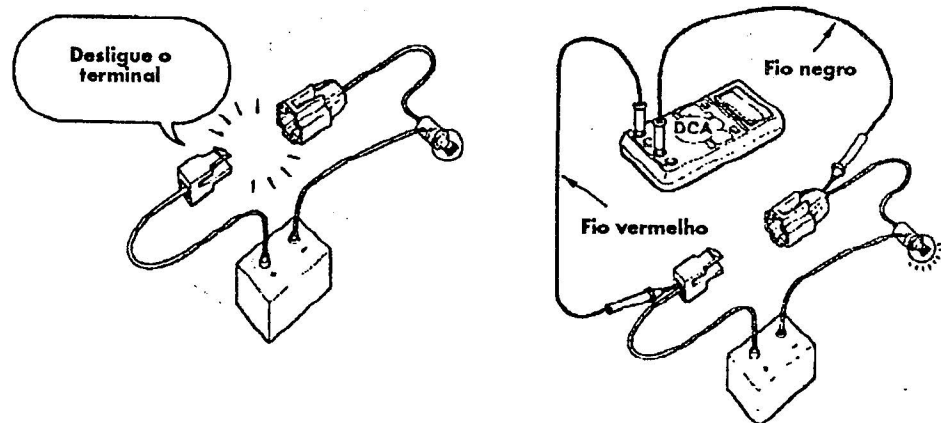


Como medir a corrente

1. Selecciona a gama adequada de corrente contínua (CC A) a ser medida (em primeiro lugar, selecciona a gama mais elevada e, em seguida, ajuste o selector para a gama apropriada).
Se o aparelho de teste tiver terminais DC A para duas ou mais gamas, assegure-se de que liga os fios aos terminais correctos.

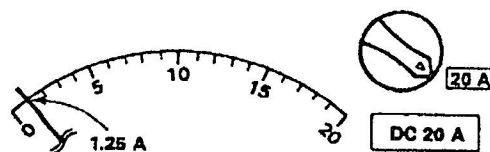


2. Interrompa o circuito a ser medido e, em seguida, ligue o aparelho de teste entre os dois terminais. Significa isto que o aparelho de teste deve ser ligado **em série** com a fonte e as cargas.
Nestas circunstâncias, faça as ligações de modo que a corrente passe da ponta de prova positiva (vermelho) para a ponta de prova negativa (negra) (a ponta de prova positiva estará **mais próxima** do terminal positivo da fonte, e a ponta de prova negativa estará **mais afastada** dele).



Referência

No caso de um aparelho de teste analógico, leia a escala correspondente à gama escolhida.



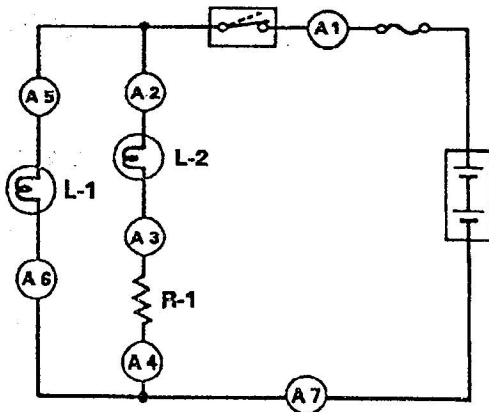


MEDIÇÃO 2

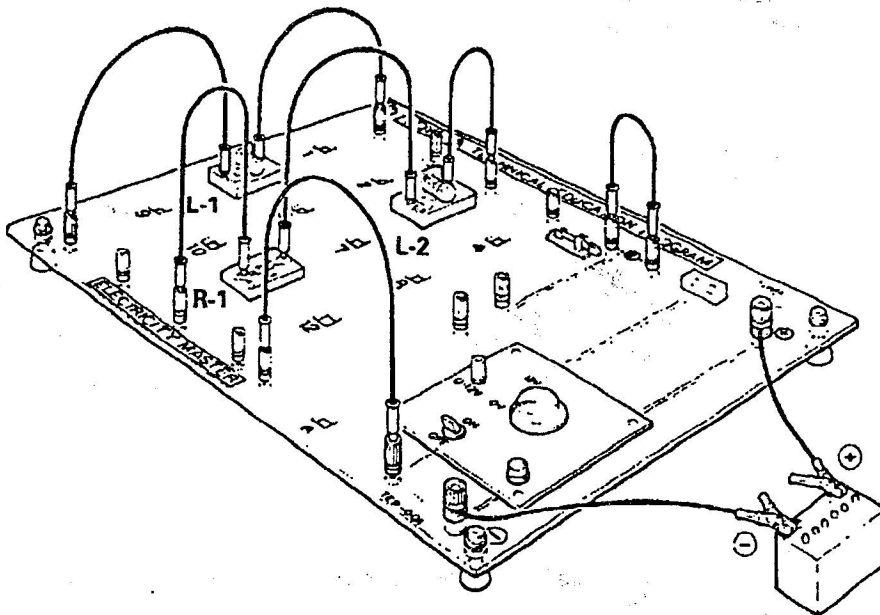
L-1, L-2, R-1



Construa o circuito correspondente ao diagrama indicado e, em seguida, meça a quantidade de corrente (A1 a A7), utilizando um multímetro.



A1					A
A2	A	A3		A4	A
A5			A	A6	A
A7					A



7. MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA



Como é medida a resistência ?

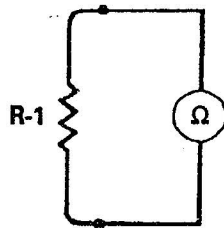


MEDIÇÃO 1

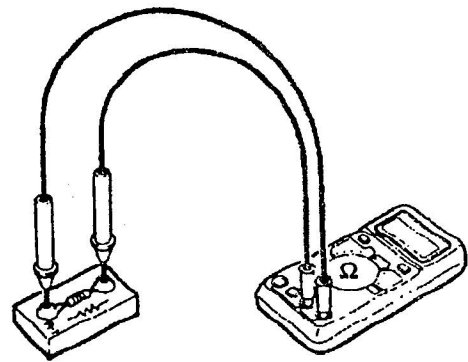
R-1



Meça o valor da resistência (R-1)

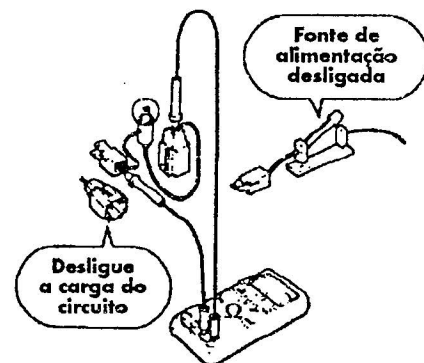
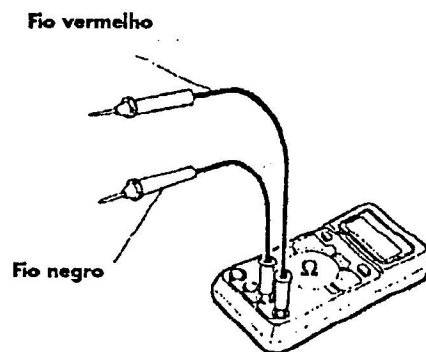


R-1	Ω
-----	---



Como medir a resistência

1. Ligue a ponta de prova vermelha ao terminal positivo do aparelho, e a ponta de prova negra ao terminal negativo (COM) do aparelho.
2. Desligue a carga a ser medida, e ligue a ponta de prova a ambos os topos da carga. Cada terminal do aparelho de teste deve ser ligado a cada um dos topos da carga - a polaridade não é importante.



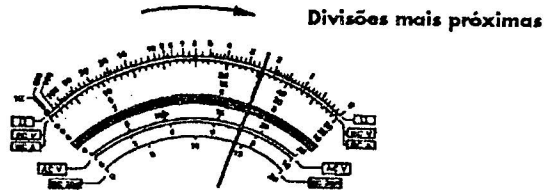


Referência

No caso de um aparelho de teste analógico, antes de medir as resistências, deve calibrar o aparelho. Para isso, seleccione a gama apropriada e encoste as pontas de prova uma à outra. Finalmente, ajuste o interruptor de calibragem até que a agulha indique 0Ω .

Note que as divisões marcadas na escala não são uniformes, mas aproximam-se à medida que a resistência aumenta.

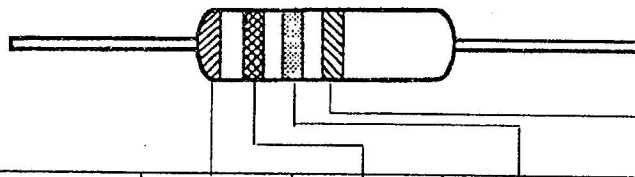
Portanto, quando for necessário medir a resistência com mais precisão, seleccione a gama de modo que a agulha se desloque do centro para a direita da escala.



Código de cores das resistências

As resistências têm um código de cor estampado, que indica o seu valor de resistência.

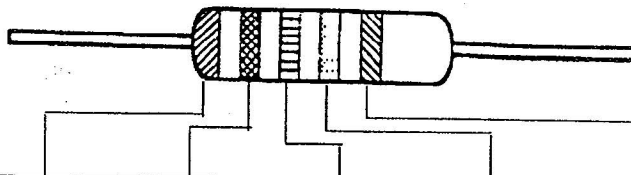
1. CÓDIGO DE QUATRO CORES



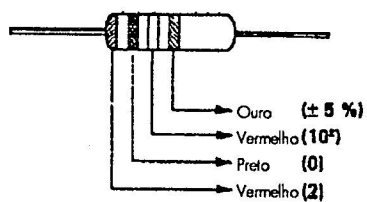
COR	1º DIGITO	2º DIGITO	GRANDEZA	TOLERÂNCIA
Negro	0	0	10^0	$\pm 1\%$
Castanho	1	1	10^1	$\pm 2\%$
Vermelho	2	2	10^2	-
Laranja	3	3	10^3	-
Amarelo	4	4	10^4	-
Verde	5	5	10^5	-
Azul	6	6	10^6	-
Púrpura	7	7	10^7	-
Cinzentos	8	8	10^8	-
Branco	9	9	10^9	-
Ouro	-	-	10^1	$\pm 5\%$
Prata	-	-	10^2	$\pm 10\%$
Sem cor	-	-	-	$\pm 20\%$



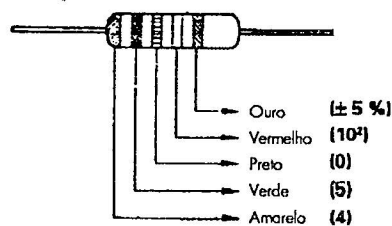
2. CÓDIGO DE CINCO CORES



COR	1º DIGITO	2º DIGITO	3º DIGITO	GRANDEZA	TOLERÂNCIA
Negro	0	0	0	10^0	$\pm 1\%$
Castanho	1	1	1	10^1	$\pm 2\%$
Vermelho	2	2	2	10^2	-
Laranja	3	3	3	10^3	-
Amarelo	4	4	4	10^4	-
Verde	5	5	5	10^5	-
Azul	6	6	6	10^6	-
Púrpura	7	7	7	10^7	-
Cinzentos	8	8	8	10^8	-
Branco	9	9	9	10^9	-
Ouro	-	-	-	10^1	$\pm 5\%$
Prata	-	-	-	10^2	$\pm 10\%$
Sem cor	-	-	-	-	$\pm 20\%$



$$\begin{aligned}
 R &= 20 \times 10^2 \\
 &= 2000 \Omega \\
 &= 2 \text{ k}\Omega \pm 5\%
 \end{aligned}$$



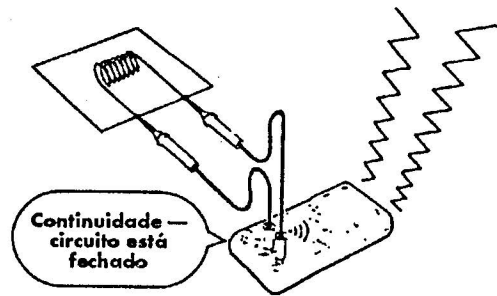
$$\begin{aligned}
 R &= 450 \times 10^2 \\
 &= 45000 \Omega \\
 &= 45 \text{ k}\Omega \pm 5\%
 \end{aligned}$$



Teste de continuidade

O teste de continuidade serve para confirmar se o circuito (fios, contactos, etc.) no interior de um dispositivo eléctrico ou de um sistema está interrompido (aberto) ou ligado (fechado).

1. Ligue a ponta de prova vermelha ao terminal positivo do aparelho de teste, e a ponta de prova negra ao terminal negativo do aparelho.
2. Rode o interruptor de função para a posição de besouro (.)).
3. Ligue a ponta de prova ao circuito a testar.
4. O besouro integrado soa quando a resistência do circuito está abaixo do nível mínimo, para mostrar que o circuito está activo (há continuidade).

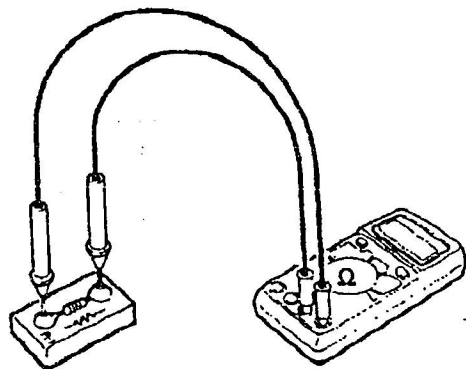
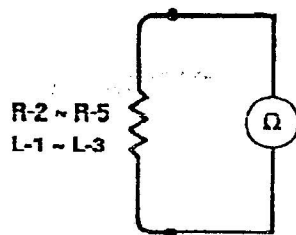


MEDIÇÃO 2

R-2, R-3, R-4, R-5, L-1, L-2, L-3



Meça o valor de cada resistência (R-2 a R-5) e de cada lâmpada (L-1 a L-3)



R-2	Ω	L-1	Ω
R-3	Ω	L-2	Ω
R-4	Ω	L-3	Ω
R-5	Ω		

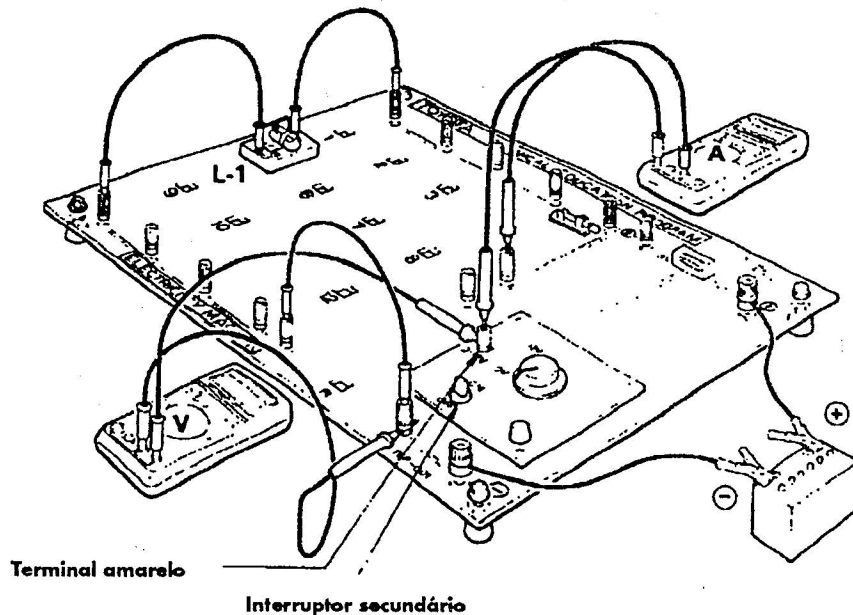
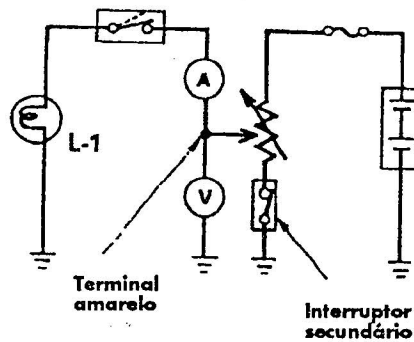
8. TENSÃO E CORRENTE



Como se altera a corrente em função da tensão ?

L-1

Construa o circuito a seguir indicado, utilizando L-1, fios e um amperímetro (multímetro).





1. Ligue o interruptor secundário e, em seguida, ajuste a tensão da fonte de alimentação para 0 V, 3 V, 6 V, 9 V e 12 V, rodando o botão da resistência variável (utilize o terminal amarelo para a fonte de alimentação)
2. Meça as respectivas amperagens, enquanto altera a tensão que vai sendo aplicada ao terminal amarelo, e compare o brilho da lâmpada.

TENSÃO	CORRENTE	BRILHO
12 V	A	_____
9 V	A	_____
6 V	A	_____
3 V	A	_____
0 V	A	_____



Quanto mais elevada a tensão, maior é a corrente que flui e mais brilhante fica a lâmpada.



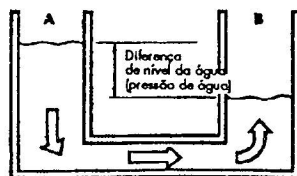
Muitas propriedades e acções da electricidade são semelhantes às da água. Por isso, será mais fácil compreender a electricidade se a compararmos com a água.

Se ligarmos entre si dois recipientes com água, A e B, por meio de um tubo, a água passará do recipiente A, com maior quantidade de água, para o recipiente B, de nível mais baixo. A força do fluxo de água é determinada pela diferença entre os níveis da água, isto é, pela diferença entre as pressões da água.

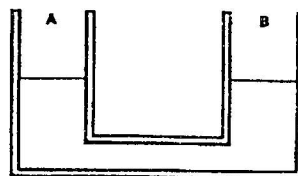


Quanto maior for a pressão da água, mais água correrá.

Se pensarmos nesta água em termos eléctricos, o nível da água será equivalente ao **potencial eléctrico** e a pressão da água gerada pela diferença de níveis é equivalente à **tensão (diferença de potencial)**. O fluxo de água equivale à **corrente eléctrica**.



Se houver diferença de nível na água (e, portanto, pressão de água), a água corre



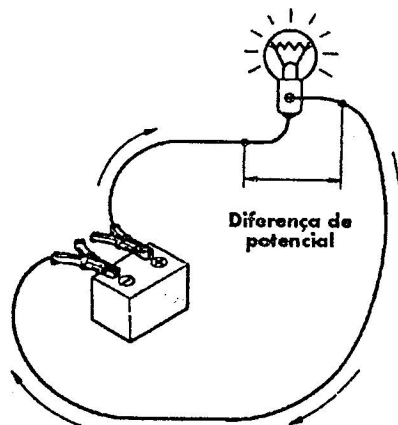
Como não há diferença nos níveis da água, ela não flui



- **Tensão (diferença de potencial) é a "força" da corrente eléctrica à medida que flui**
- **Quanto mais elevada for a tensão, maior será o fluxo de corrente (amperagem)**
- **A corrente flui de um terminal de potencial mais elevado para outro de potencial mais baixo**

O **Volt** é utilizado como unidade de diferença de potencial, sendo indicado pelo símbolo **V**.

A quantidade de corrente (amperagem) é medida em **amperes**, simbolizados por **A**, enquanto que o conceito de corrente é indicado por **I**.



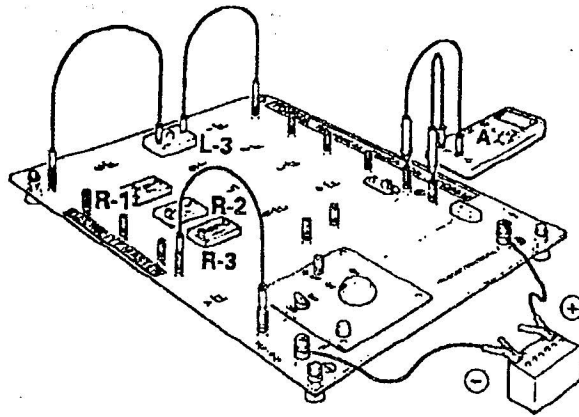
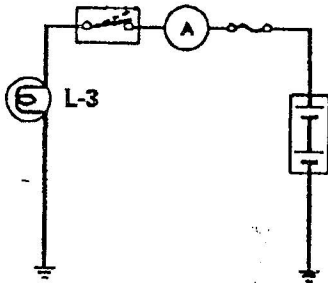
9. RESISTÊNCIA E CORRENTE



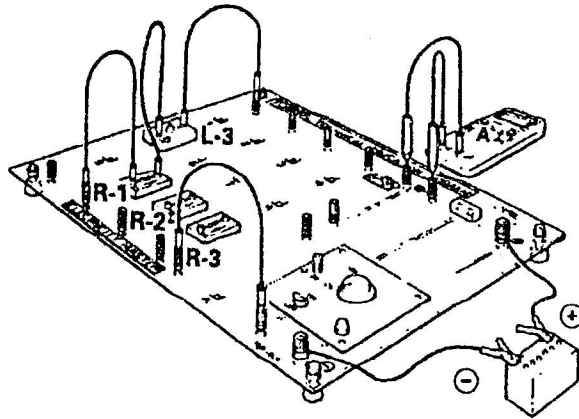
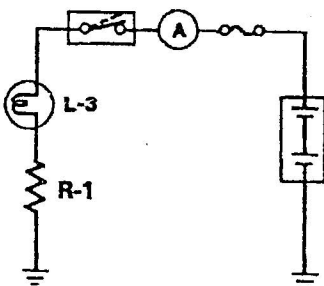
Que alteração sofre a corrente em função do aumento da resistência ?

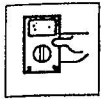
L-3, R-1, R-2, R-3

1. Construa um circuito utilizando L-3 e, em seguida, meça a quantidade de corrente que o atravessa.

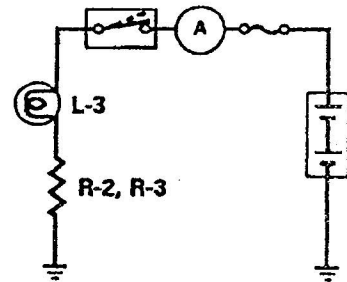


2. Construa um circuito com R-1 ligado em série com L-3.





1. Meça a amperagem e, em seguida, compare o brilho de L-3 com o seu brilho quando estava ligado só.
2. Construa um circuito utilizando R-2, em seguida R-3, em vez de R-1, e meça as respectivas amperagens. Compare também, o brilho de L-3 em cada caso.



	CARGA	CORRENTE	BRILHO
1	L-3	A	_____
2	L-3, R-1 (100 Ω)	A	_____
3	L-3, R-2 (200 Ω)	A	_____
4	L-3, R-3 (300 Ω)	A	_____

Corrente →

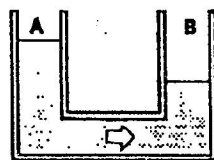


Quanto maior for a resistência, menos corrente fluirá no circuito.

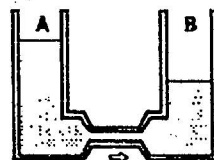


Mesmo quando há pressão de água, se apertarmos o tubo que liga os recipientes, será mais difícil a água passar. E quando o diâmetro do tubo é o mesmo, se o tubo for maior, será igualmente mais difícil a água passar.

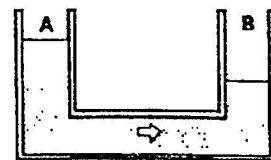
A razão está no facto de que o apertar e o alongar do tubo aumenta a resistência ao fluxo de água.



A água flui se houver uma diferença de nível na água



Estreitando o tubo de ligação, o fluxo de água fica mais difícil



Alongando o tubo de ligação, o fluxo de água fica mais difícil



Do mesmo modo, qualquer coisa que impeça a electricidade (corrente) de fluir através de um circuito eléctrico é conhecido como **resistência eléctrica** ou, mais vulgarmente, **resistência**.

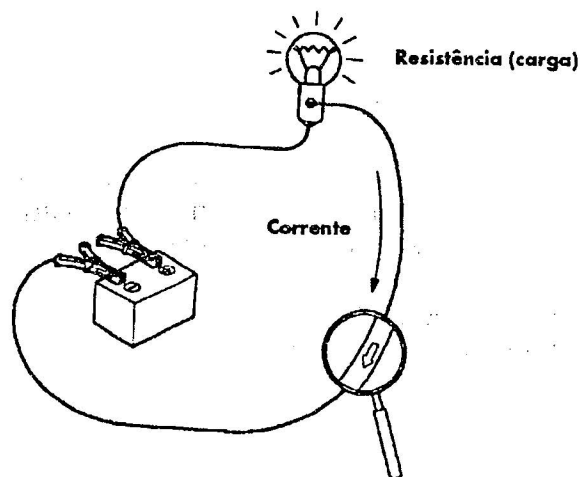


- **Quanto maior for a área da secção de um condutor (fio, etc.), menor é a resistência à passagem da corrente eléctrica.**
- **Quanto menor o comprimento de um condutor, menor é a resistência e mais fácil é a passagem da corrente**

A resistência eléctrica é medida em **ohms** (Ω), e o conceito de resistência eléctrica é indicado pelo símbolo **R**.

Um ohm é a resistência eléctrica que um ampere encontra quando flui sob a tensão de um volt.

As lâmpadas, motores, etc. utilizados em circuitos eléctricos resistem ao fluxo de corrente que os atravessa. Além disso, eles consomem electricidade ao realizar o seu trabalho. Um dispositivo eléctrico que funcione em circuito é, como tal, conhecido como uma carga eléctrica ou, simplesmente, como carga.



Quanto mais grosso for o condutor e/ou menor o seu comprimento, menor será a sua resistência.

10. RESISTÊNCIA: CARGAS LIGADAS EM PARALELO



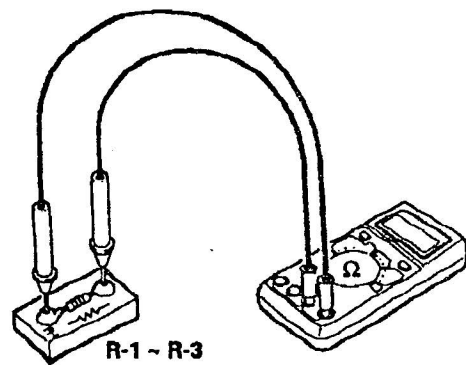
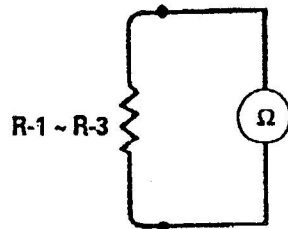
Quando as resistências são ligadas em paralelo, que acontece ao valor total da resistência (resistência combinada) ?



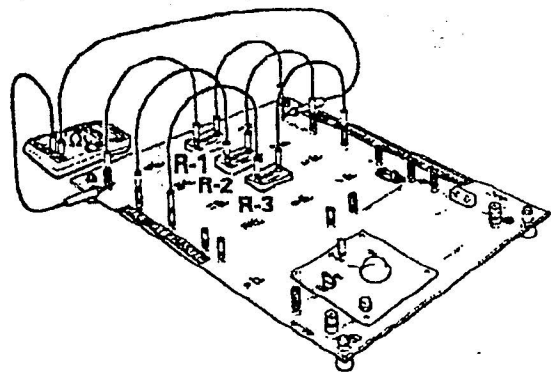
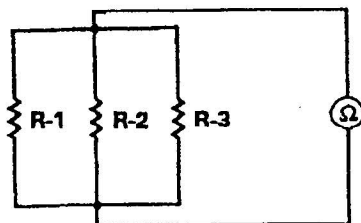
R-1, R-2, R-3



1. Meça as resistências de R-1, R-2 e R-3.



2. Ligue R-1, R-2 e R-3 em paralelo, como se indica na figura abaixo, e meça a sua resistência combinada.



R-1	Ω	R-2	Ω
R-3	Ω	R-1, R-2, R-3 (ligação em paralelo)	Ω



Quando duas ou mais resistências são ligadas em paralelo, a soma das resistências (resistência combinada) desse circuito é menor que o valor de qualquer uma das resistências utilizadas.



Ligar resistências em paralelo reduz a resistência total do circuito



A resistência combinada (R_0), quando duas ou mais resistências (R_1 , R_2 , ... R_n) são ligadas em paralelo, é determinada pela seguinte fórmula.

$$\frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad \text{ou}$$

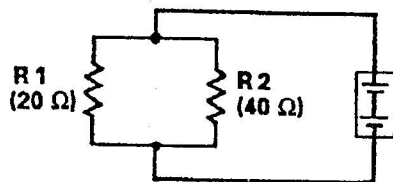
$$R_0 = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

Isto é, quando as resistências são ligadas em paralelo, a resistência combinada é igual ao inverso* da soma dos inversos dos valores das resistências ligadas.

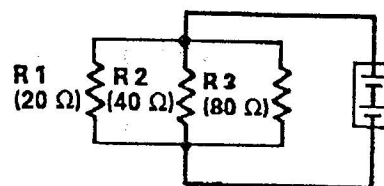
* Inverso de um número é o resultado da divisão de 1 por esse número.



Determine a resistência combinada (R_0) dos seguintes circuitos.



R_0	Ω
-------	----------

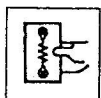


R_0	Ω
-------	----------

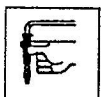
11. RESISTÊNCIA: CARGAS LIGADAS EM SÉRIE



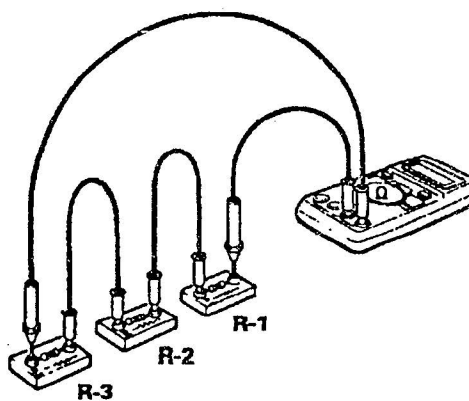
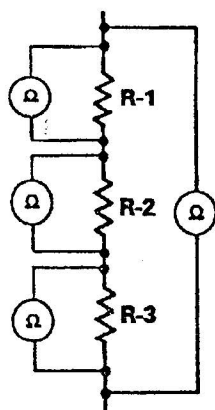
Quando as resistências estão ligadas em série, que acontece com o valor total da resistência do circuito (resistência combinada) ?



R-1, R-2, R-3



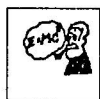
1. Meça as resistências de R-1, R-2 e R-3.
2. Ligue R-1, R-2 e R-3 em série, como se indica na figura abaixo, e meça a sua resistência combinada.



R-1	Ω	R-2	Ω
R-3	Ω	R-1, R-2, R-3 (ligação em série)	Ω



Quando duas ou mais resistências estão ligadas em série, a soma das resistências (resistência combinada) do circuito é maior que qualquer uma das resistências utilizadas.



Ligar resistências em série aumenta o valor total de resistência do circuito



A resistência combinada (R_0), quando duas ou mais resistências (R_1 , R_2 , ... R_n) são ligadas em série, é determinada pela seguinte fórmula.

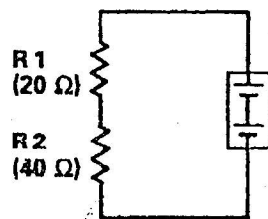
$$R_0 = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

Isto é, quando as resistências são ligadas em série, a resistência combinada é igual à soma dos valores das resistências ligadas.



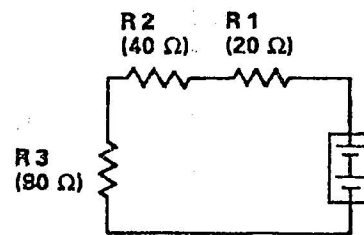
Determine a resistência combinada (R_0) dos seguintes circuitos.

(1)



R_0	Ω
-------	----------

(2)

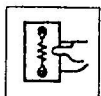


R_0	Ω
-------	----------

12. TENSÃO: CARGAS LIGADAS EM PARALELO



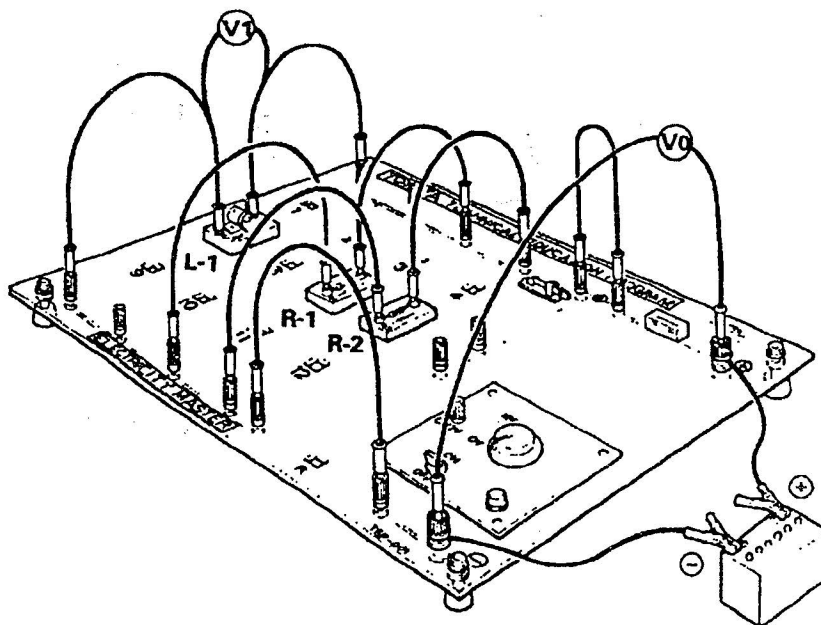
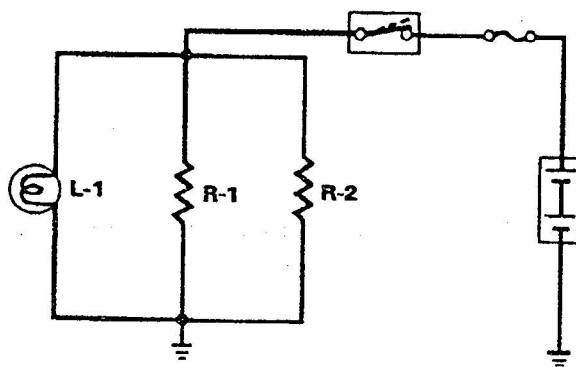
Nas ligações em paralelo, qual será o efeito na tensão aplicada a cada carga ?

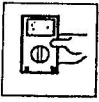


L-1, R-1, R-2

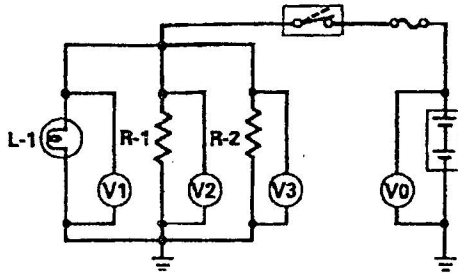


Construa um circuito que corresponda ao diagrama abaixo indicado.





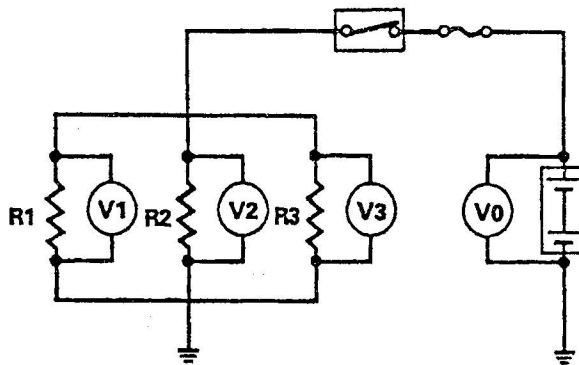
1. Meça a tensão em L-1, R-1 e R-2, respectivamente.
2. Meça a tensão da fonte de alimentação.



V1	L-1	V
V2	R-1	V
V3	R-2	V
V0	FORNE	V



Num circuito em paralelo, a tensão aplicada a cada carga é sempre a mesma, e essa tensão é igual à tensão da fonte de alimentação.



$$V1 = V2 = V3 = \dots = V0$$

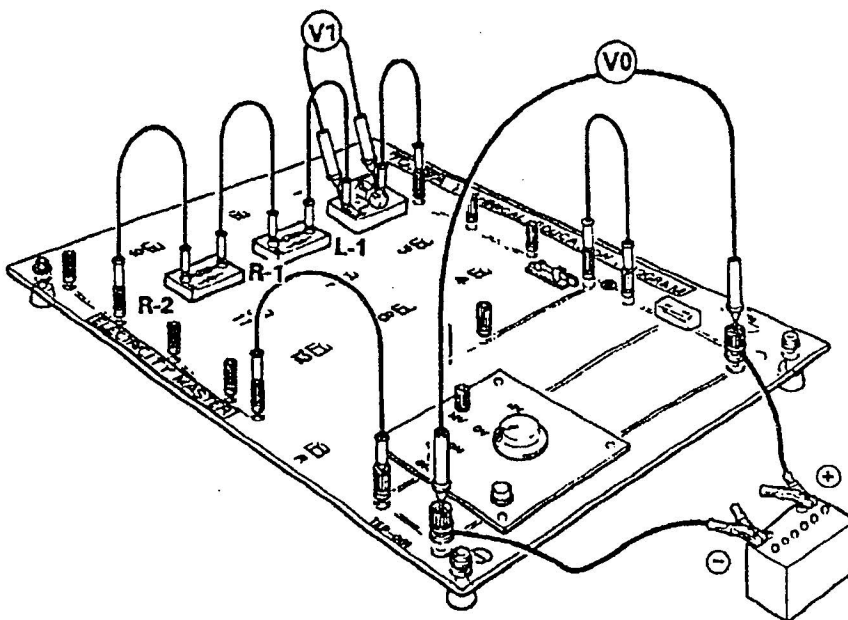
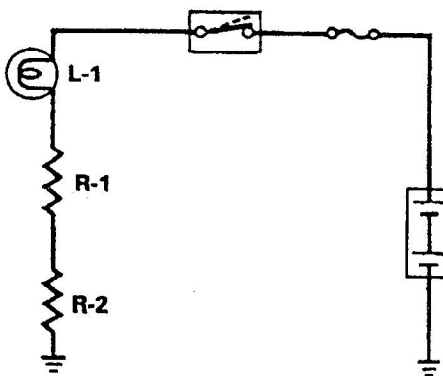
13. TENSÃO: CARGAS LIGADAS EM SÉRIE

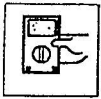


Como é a tensão aplicada às resistências em série ?

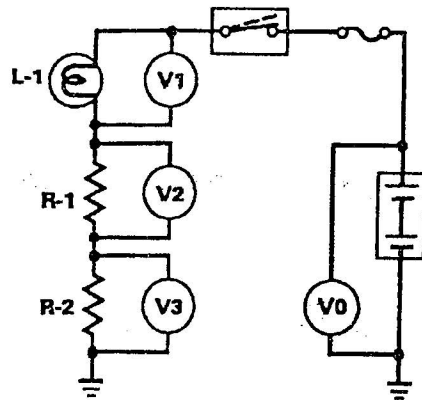
L-1, R-1, R-2

Construa um circuito que corresponda ao diagrama abaixo indicado.





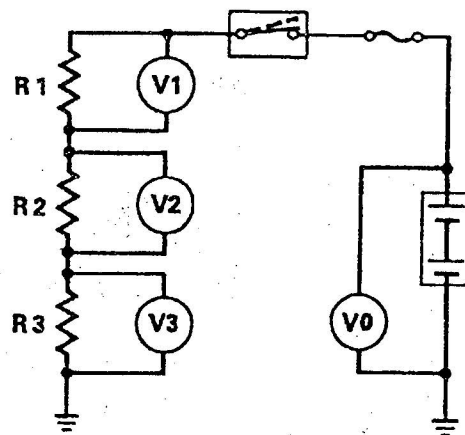
1. Meça a tensão ao longo de L-1, R-1 e R-2, respectivamente.
2. Meça a tensão da fonte de alimentação.



V1	L-1	V
V2	R-1	V
V3	R-2	V
V4	FORNE	V



1. A tensão aplicada a cada carga é uma fracção da tensão da fonte de alimentação.
2. A soma das tensões aplicadas a cada carga é igual à tensão da fonte de alimentação.



$$V_0 = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$

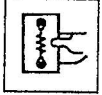


Quando a corrente flui através de um circuito com duas ou mais resistências ligadas em série, a tensão da fonte de alimentação divide-se proporcionalmente aos valores das resistências. Chama-se a isto **divisão de tensão**, e cada diminuição de tensão é chamada de **queda de tensão**.

14. CORRENTE: CARGAS LIGADAS EM PARALELO



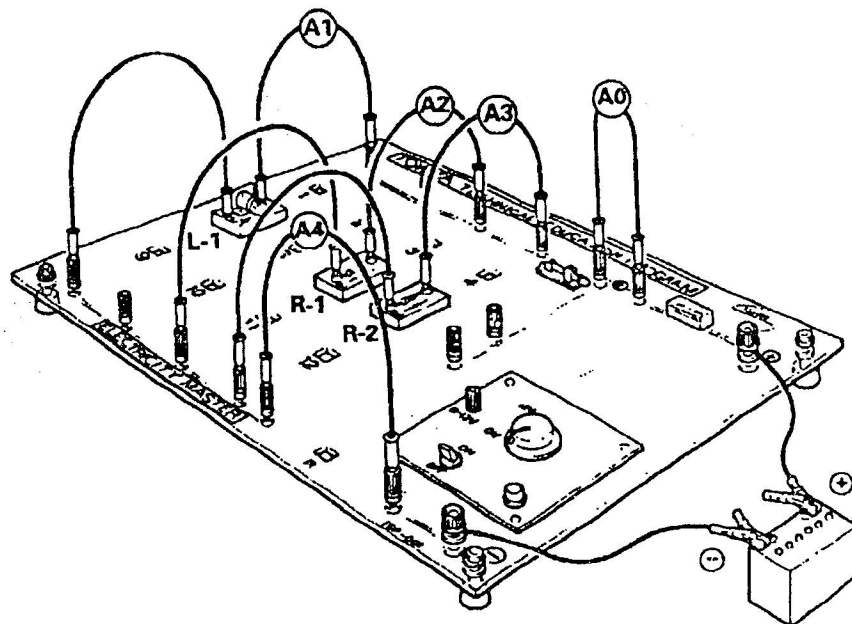
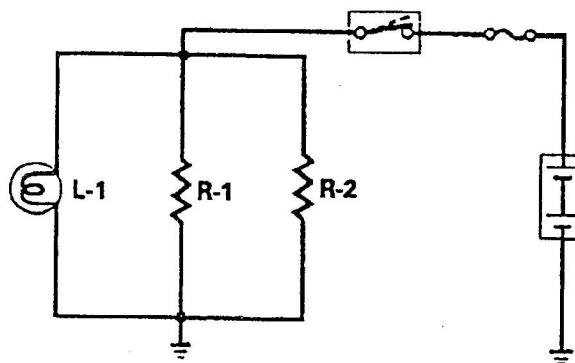
Como passa a corrente através de várias cargas ligadas em paralelo ?

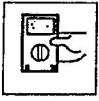


L-1, R-1, R-2

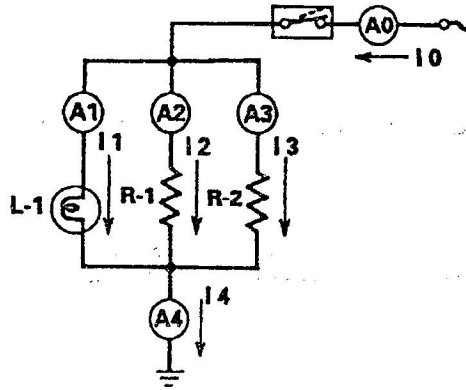


Construa um circuito que corresponda ao diagrama abaixo indicado.





1. Meça a corrente que passa por L-1, R-1 e R-2
2. Meça a corrente que flui desde a fonte de alimentação e a corrente que retorna.



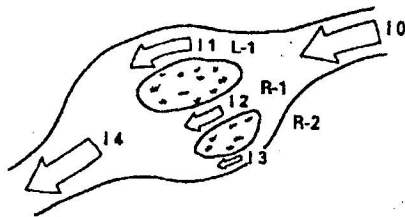
I0	A0	L-1, L-2, L3 (paralelo)	A
I1	A1	L-1	A
I2	A2	R-1	A
I3	A3	R-2	A
I4	A4	L-1, L-2, L3 (paralelo)	A



1. A corrente que flui da fonte de alimentação divide-se entre as cargas.
2. A soma das correntes que fluem através de cada carga é igual ao valor da corrente que flui da fonte de alimentação.



Quando duas ou mais cargas estão ligadas em paralelo, a corrente que flui através de cada carga é parte da corrente total. Chama-se a isto **divisão de corrente** ou **shunt**. Voltando a fazer a comparação com a água, podemos imaginar o exemplo a seguir ilustrado.



A água proveniente da nascente (I0) divide-se em braços que atravessam os canais (I1, I2 e I3), voltando a juntar-se do lado da foz, e transformando-se em I4.

$$I_0 = I_1 + I_2 + I_3 = I_4$$

Num circuito em paralelo, a soma total das correntes que fluem através de cada carga é igual à corrente que flui da fonte de alimentação.

$$I_0 = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

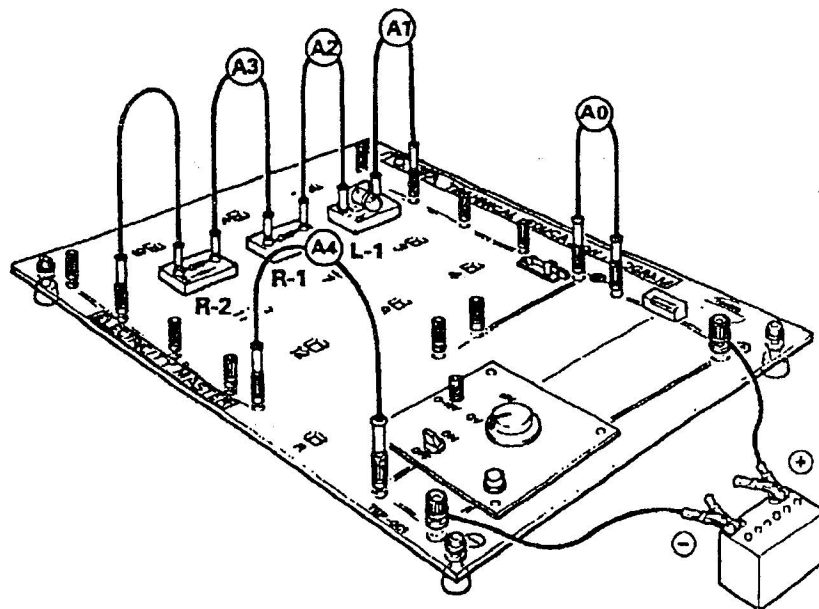
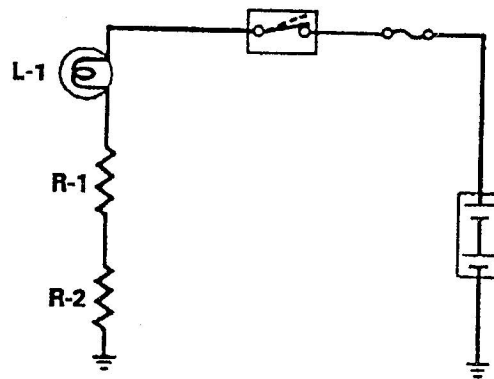
15. CORRENTE: CARGAS LIGADAS EM SÉRIE

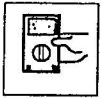


Como passa a corrente se várias cargas estiverem ligadas em série ?

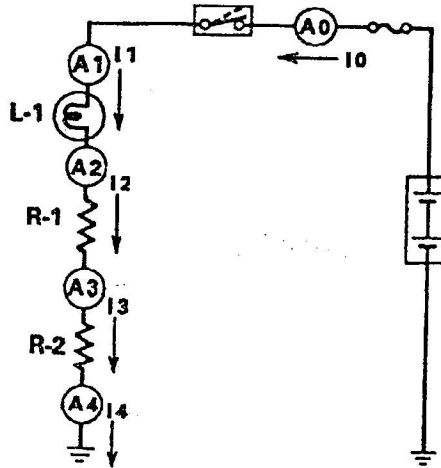
L-1, R-1, R-2

Construa um circuito que corresponda ao diagrama abaixo indicado.





1. Meça a corrente que passa por L-1, R-1 e R-2
2. Meça a corrente que flui desde a fonte de alimentação e a corrente que retorna.



I0	A0	L-1, L-2, L3 (paralelo)	A
I1	A1	L-1	A
I2	A2	R-1	A
I3	A3	R-2	A
I4	A4	L-1, L-2, L3 (paralelo)	A



1. Flui a mesma corrente através de todas as cargas.
2. A soma das correntes que fluem através de cada carga é igual ao valor da corrente que flui da fonte de alimentação.



A corrente que flui através de um circuito ligado em série é a mesma em qualquer ponto do circuito, tal como no caso de um rio composto por um só braço.

A mesma quantidade de água flui através dos pontos A, B e C.



$$I_0 = I_1 = I_2 = \dots = I_n$$

16. LEI DE OHM



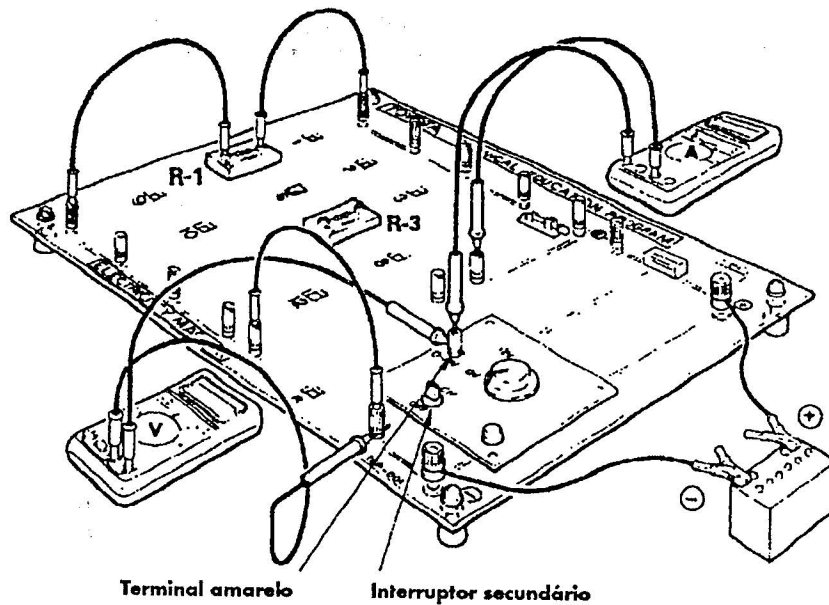
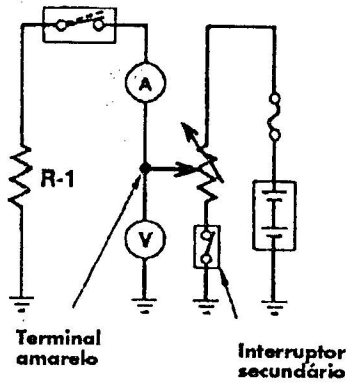
A relação existente entre corrente e tensão, e entre corrente e resistência, é compreensível a partir de 8 e 9 mas, exactamente, qual é essa relação?

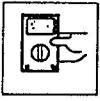


R-1 e R-3



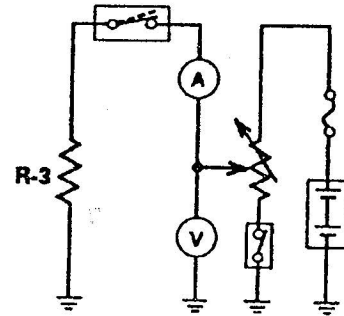
Construa um circuito que corresponda ao diagrama abaixo indicado.





1. Rode o botão da resistência variável e meça a corrente quando a tensão no terminal amarelo é de 0 V, 2,0 V, 6,0 V e 12,0 V.
2. Repita os procedimentos para a resistência R-3.

	0V	2,0V	6,0V	12,0V
R-1 (100 Ω)	A	A	A	A
R-3 (300 Ω)	A	A	A	A



1. A quantidade de corrente dobra quando a tensão dobra, e triplica quando a tensão triplica.
2. A quantidade de corrente baixa para metade quando a resistência duplica, e reduz para 1/3 quando a resistência triplica.



1. Lei de Ohm

Quando é aplicada uma tensão a um circuito eléctrico, flui corrente através desse circuito. Entre a tensão, a corrente e a resistência, existe a seguinte relação.



"A quantidade de corrente que flui através de um circuito é directamente proporcional à tensão que é aplicada, mas inversamente proporcional à resistência que atravessa".

A esta relação chama-se LEI DE OHM, podendo ser expressa do seguinte modo.

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

onde **I** é a corrente que atravessa o circuito, em ampères (A)
V é a tensão aplicada ao circuito, em volts (V)
R a resistência existente no circuito, em ohms (Ω)

2. Aplicação da lei de Ohm

Qualquer tensão V , corrente I ou resistência R , pode ser determinada sem medição directa, desde que se conheçam os outros dois valores.



Utilizando a fórmula $I = V/R$, calcule os valores relativos ao exercício atrás indicado. Os valores agora calculados correspondem aos valores anteriormente medidos ?

	0V	2,0V	6,0V	12,0V
R-1 (100 Ω)	A	A	A	A
R-3 (300 Ω)	A	A	A	A

17. QUEDAS DE TENSÃO

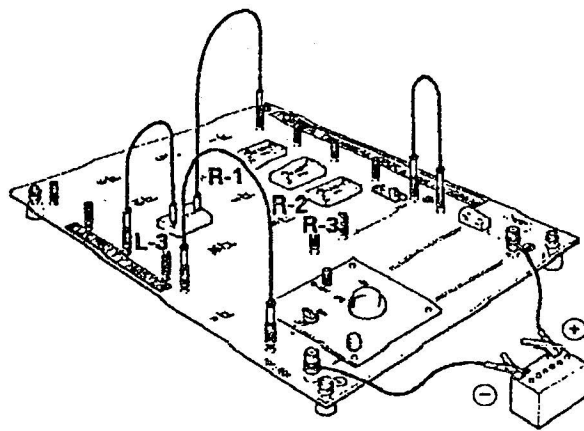
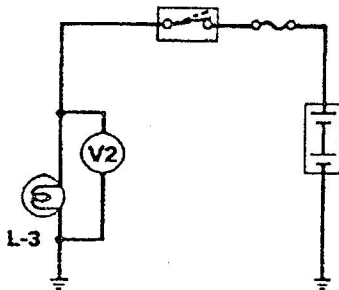


Que é uma queda de tensão? Como é influenciada a queda de tensão?

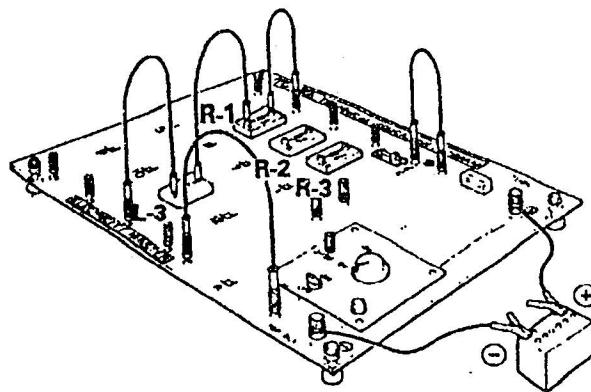
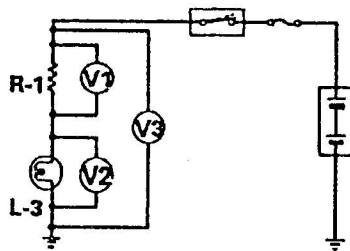
MEDIÇÃO 1

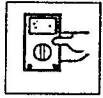
L-3, R-1, R-2 e R-3

1. Construa um circuito que corresponda ao diagrama abaixo indicado.



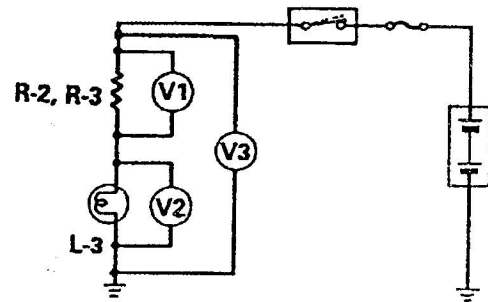
2. Ligue R-1 em série com L-3.





1. Meça separadamente as tensões em R-1 e L-3 e, em seguida, meça a tensão do conjunto.
2. Substitua R-1 por R-2 e R-3 e, em seguida, meça novamente as tensões, como no ponto 1.

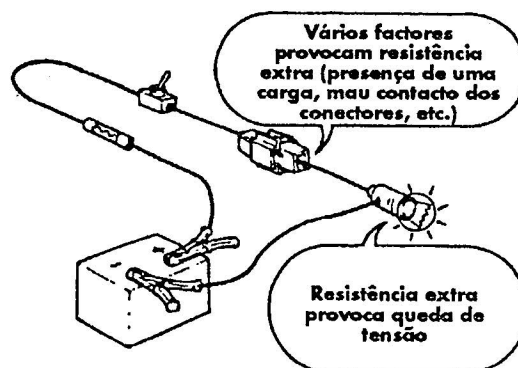
	V1	V2	V3
L-3	-	V	-
R-1 e L-3	V	V	V
R-2 e L-3	V	V	V
R-3 e L-3	V	V	V



- Quando a corrente flui através de um circuito no qual uma resistência está ligada em série com a carga (por exemplo, uma lâmpada), baixa a tensão aplicada à carga.
- Quanto maior o valor de resistência ligada em série com a carga, maior a queda na tensão aplicada à carga.



Quando a corrente flui através de um circuito, a presença de uma resistência nesse circuito fará a tensão cair à medida que a corrente atravessa a resistência. A diferença de tensão resultante em cada lado da resistência chama-se queda de tensão.

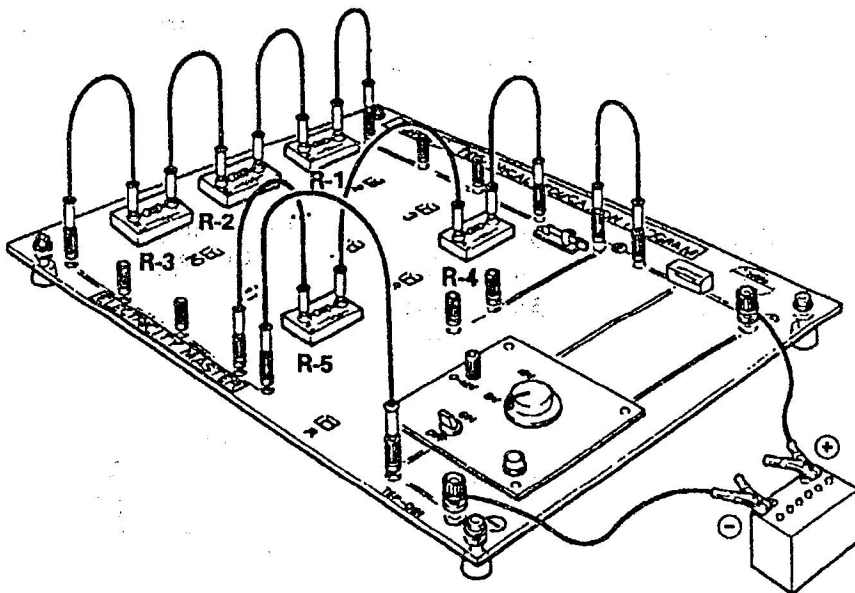
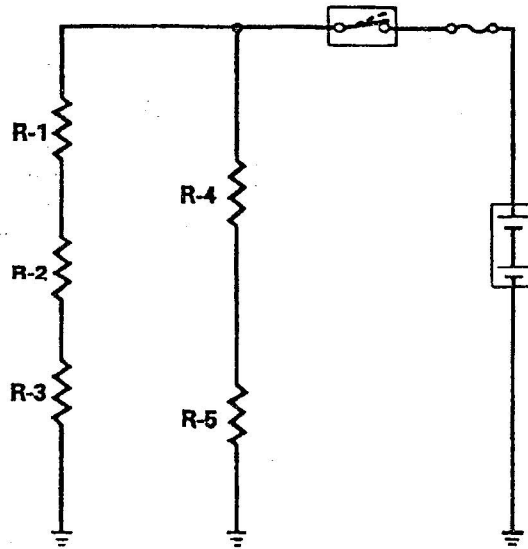


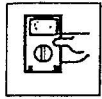


MEDIÇÃO 2

R-1, R-2, R-3, R-4, R-5

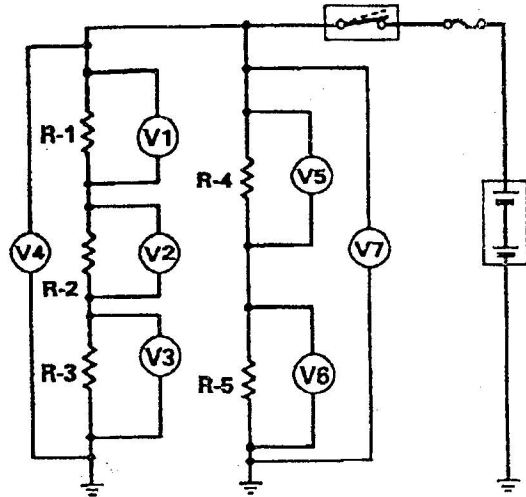
Construa um circuito que corresponda ao diagrama abaixo indicado.





Meça as tensões aplicadas a cada resistência.

V1	R-1	(100 Ω)	V
V2	R-2	(200 Ω)	V
V3	R-3	(300 Ω)	V
V4	R-1 R-2 R-3	(600 Ω)	V
V5	R-4	(100 Ω)	V
V6	R-5	(300 Ω)	V
V7	R-4 R-5	(400 Ω)	V



Quando uma corrente flui num circuito em que as resistências (cargas) estão ligadas em série, a tensão da fonte divide-se em cada resistência, na proporção do valor de cada resistência.

- Se a resistência é elevada, a queda de tensão é grande,
- Se a resistência é pequena, é menor a queda de tensão



Para aparelhos de teste analógicos

Se a tensão de uma resistência elevada (1 k Ω ou mais) for medida, as medições efectuadas ficarão sujeitas a erro, devido à acção das resistências interiores do medidor, que provocam quedas de tensão. Quanto maior a escala de medição do aparelho (por exemplo, quanto maior a resistência interna do aparelho), menor será o erro de medição (v. página 80).

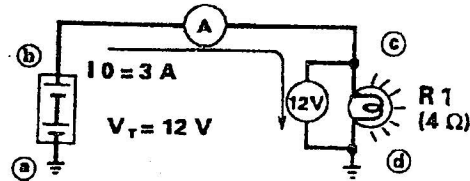
18. QUEDAS DE TENSÃO: SEU CÁLCULO



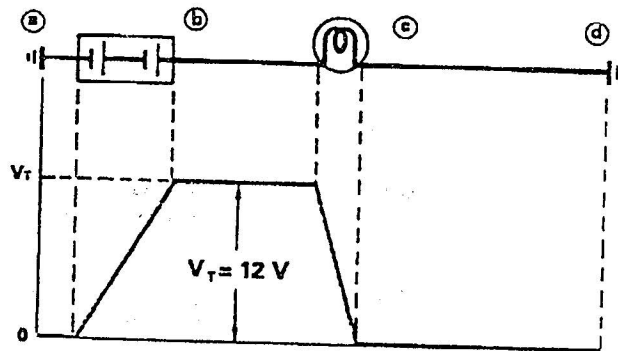
EXEMPLO 1: Quedas de tensão

Se construirmos um circuito como o da figura, com uma lâmpada de 4Ω de resistência (R_1), é aplicada uma tensão de 12 V a esta lâmpada. Segundo a lei de Ohm, determinamos que a corrente que atravessa o circuito (I_0) é a seguinte:

$$I_0 = \frac{V_T}{R_1} = \frac{12(\text{V})}{4(\Omega)} = 3 \text{ A}$$



As alterações de potencial nos vários pontos do circuito do exemplo pode ser expressa do seguinte modo.

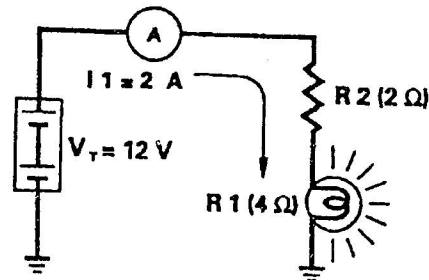


Em seguida, se uma resistência de 2Ω for ligada em série a este circuito, a sua resistência combinada (R_0) será

$$R_0 = R_1 + R_2 = 4 + 2 = 6(\Omega)$$

A corrente total que flui através do circuito (I_1) é, portanto, a seguinte.

$$I_1 = \frac{12}{R_0} = \frac{12(\text{V})}{6(\Omega)} = 2 \text{ A}$$



Isto é, quando uma resistência é ligada em série com a lâmpada, a corrente cai de 3 A para 2 A , o que faz baixar a intensidade da luz.

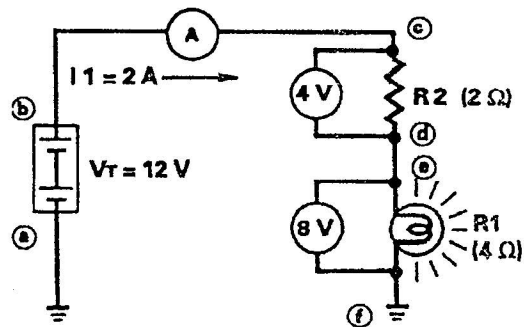


A tensão aplicada à lâmpada, antes de a resistência de 2Ω (R_2) ter sido ligada, era de 12 V . Depois de R_2 ser ligada, passou a fluir uma corrente de 2 A . Portanto, utilizando a lei de Ohm, calculamos a tensão (V_1) aplicada a R_2 , como segue.

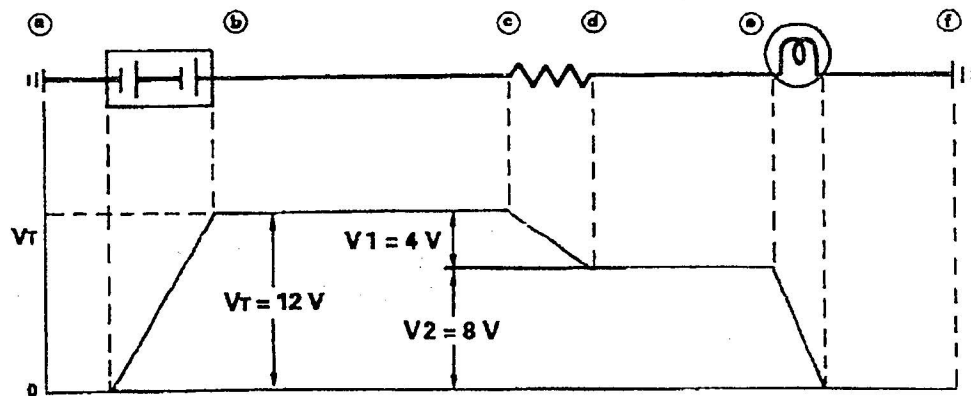
$$V_1 = I_1 \times R_2 = 2(\text{A}) \times 2(\Omega) = 4 \text{ V}$$

Por outro lado, a tensão (V_2) aplicada à lâmpada é calculada do seguinte modo.

$$\begin{aligned} V_2 &= I_1 \times R_1 \\ &= 2(\text{A}) \times 4(\Omega) \\ &= 8 \text{ V} \end{aligned}$$



As alterações de potencial nos vários pontos do circuito podem ser indicadas assim.



Isto é, ligando uma resistência de 2Ω (R_2) em série com uma lâmpada, a tensão aplicada à lâmpada baixa de 12 V para 8 V .

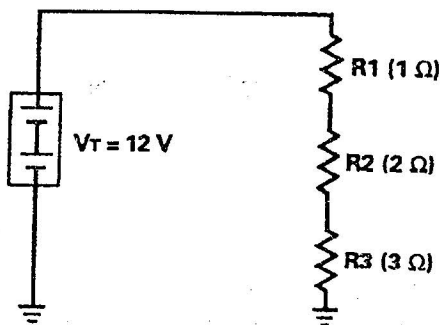


Quando a corrente flui através de uma resistência, é gerada uma queda de tensão.



EXEMPLO 2: Relação entre a resistência e as quedas de tensão

Examinemos a queda de tensão em cada uma das resistências (**R1**, **R2** e **R3**) do circuito abaixo indicado.

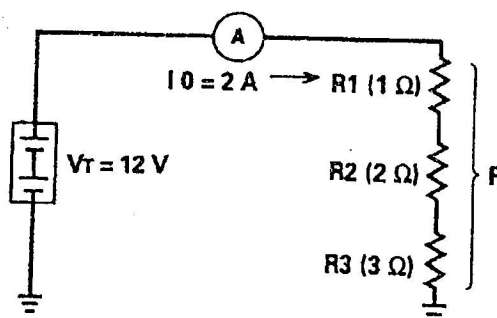


A resistência combinada R_0 neste circuito é a seguinte:

$$R_0 = R_1 + R_2 + R_3 = 1(\Omega) + 2(\Omega) + 3(\Omega) = 6 \Omega$$

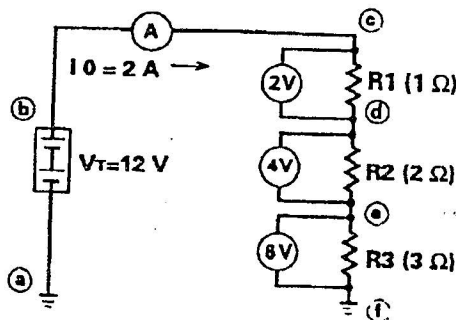
Portanto, utilizando a lei de Ohm, calculamos a corrente que flui no circuito do seguinte modo.

$$I_0 = \frac{V_T}{R_0} = \frac{12(V)}{6(\Omega)} = 2 \text{ A}$$



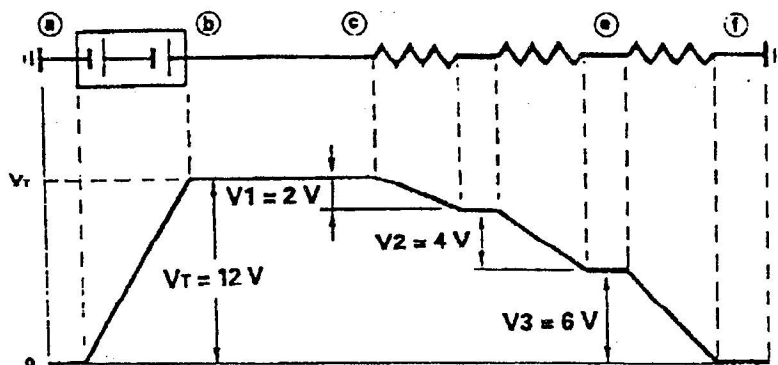
Como uma corrente de 2 A flui em **R1**, **R2** e **R3**, a tensão aplicada a cada resistência (**V1**, **V2**, **V3**) é calculada do seguinte modo, empregando a lei de Ohm.

$$\begin{aligned} V_1 &= I_0 \times R_1 = 2(\text{A}) \times 1(\Omega) = 2 \text{ V} \\ V_2 &= I_0 \times R_2 = 2(\text{A}) \times 2(\Omega) = 4 \text{ V} \\ V_3 &= I_0 \times R_3 = 2(\text{A}) \times 3(\Omega) = 6 \text{ V} \end{aligned}$$

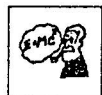




As variações de potencial nos vários pontos do circuito podem ser representadas do seguinte modo.



A partir dos resultados indicados, podemos concluir o seguinte.

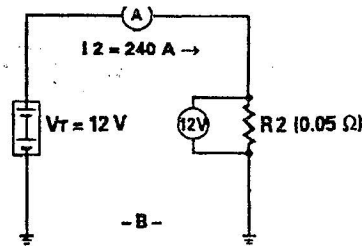
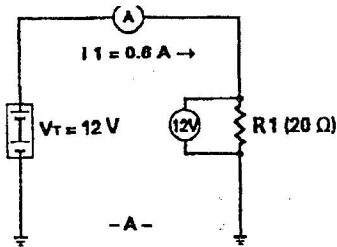


- **Quando a corrente atravessa resistências ligadas em série, a tensão da fonte de alimentação divide-se entre as resistências, proporcionalmente ao seu valores**
- **Quanto maior a resistência, maior a queda de tensão**



EXEMPLO 3: Relação entre a corrente e a queda de tensão

Examinemos a queda de tensão nos dois circuitos a seguir representados.



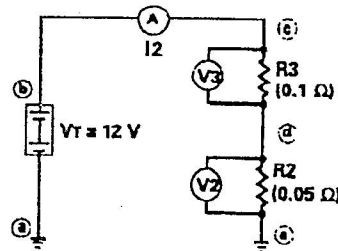
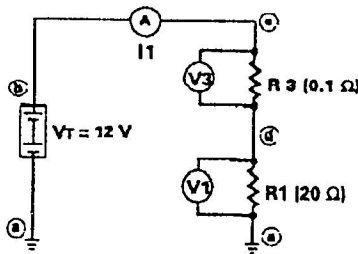
12 V são aplicados a **R1**. Calculando através da lei de Ohm, a corrente (**I1**) que flui através do circuito é

$$I_1 = \frac{V_T}{R_1} = \frac{12(V)}{20(\Omega)} = 0,6 \text{ A}$$

12 V são aplicados a **R2**. Calculando através da lei de Ohm, a corrente (**I2**) que flui através do circuito é

$$I_2 = \frac{V_T}{R_2} = \frac{12(V)}{0,05(\Omega)} = 240 \text{ A}$$

Como a resistência no circuito B é **menor** que a resistência no circuito A, uma **maior corrente** atravessa o circuito B. Agora, liguemos uma resistência de 0,1 Ω (**R3**) em série em ambos os circuitos.



A corrente (**I1**) que atravessa o circuito A é calculada do seguinte modo

$$I_1 = \frac{V_T}{R_1 + R_3} = \frac{12(V)}{20(\Omega) + 0,1(\Omega)} = 0,597 \text{ A}$$

A corrente (**I2**) que atravessa o circuito B é calculada do seguinte modo

$$I_2 = \frac{V_T}{R_2 + R_3} = \frac{12(V)}{0,05(\Omega) + 0,1(\Omega)} = 80 \text{ A}$$

Portanto, as tensões (**V1**, **V3**) aplicadas a **R1** e **R3** são

$$V_1 = 0,597(\text{A}) \times 20(\Omega) = 11,94 \text{ V}$$

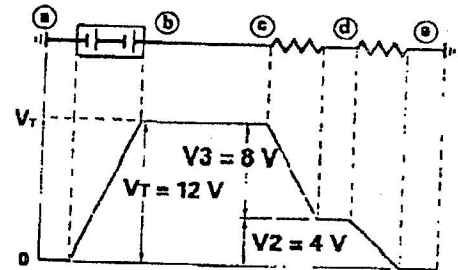
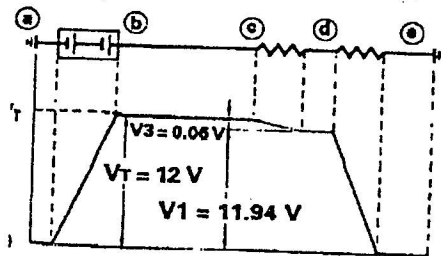
$$V_3 = 0,597(\text{A}) \times 0,1(\Omega) = 0,06 \text{ V}$$

Portanto, as tensões (**V2**, **V3**) aplicadas a **R2** e **R3** são

$$V_2 = 80(\text{A}) \times 0,05(\Omega) = 4 \text{ V}$$

$$V_3 = 80(\text{A}) \times 0,1(\Omega) = 8 \text{ V}$$

As alterações de potencial nos vários pontos do circuito podem ser indicadas como segue.



A partir destes resultados, podemos concluir que



Num circuito que seja atravessado por uma corrente elevada (como o circuito de arranque), mesmo uma pequena resistência gera uma grande queda de tensão.



PARA APARELHOS DE TESTE ANALÓGICOS

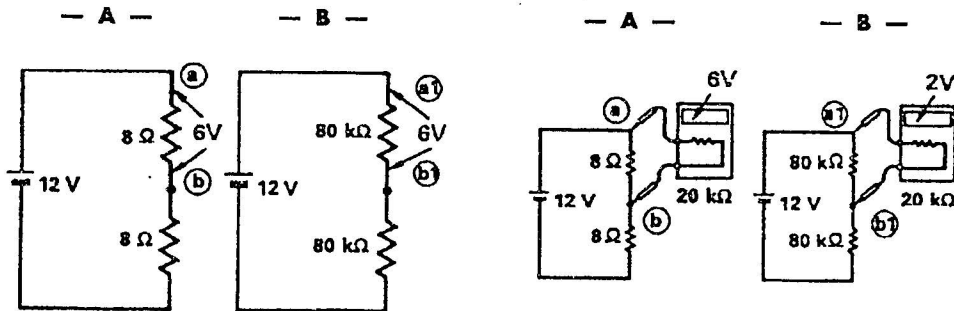
EXEMPLO4: Efeito da resistência interna do voltímetro

Por exemplo, se as tensões dos circuitos seguintes forem medidas com um voltímetro com uma resistência de $20\text{ k}\Omega$, esperamos naturalmente que a queda de tensão entre "a" e "b" do circuito A seja a mesma que entre "a1" e "b1" no circuito B, isto é, 6 V .

Contudo, se realmente medirmos estas quedas de tensão com um voltímetro que tenha uma resistência de $20\text{ k}\Omega$, chegamos á conclusão de que a queda de tensão no circuito A é de cerca de 6 V , enquanto no circuito B fica pelos 2 V . O último valor pode ser incorrecto. Isto porque, no segundo caso, ligar o voltímetro no circuito implica ligar a resistência interna do voltímetro em paralelo com uma resistência de $80\text{ k}\Omega$ do circuito, reduzindo muito a resistência entre "a1" e "b1".

Isto, por seu lado, faz baixar a queda de tensão entre "a1" e "b1".

Por essa razão, um voltímetro com resistências de vários $\text{M}\Omega$ pode ser utilizado em medições de circuitos electrónicos, uma vez que a corrente que atravessa este tipo de circuitos é muito baixa.

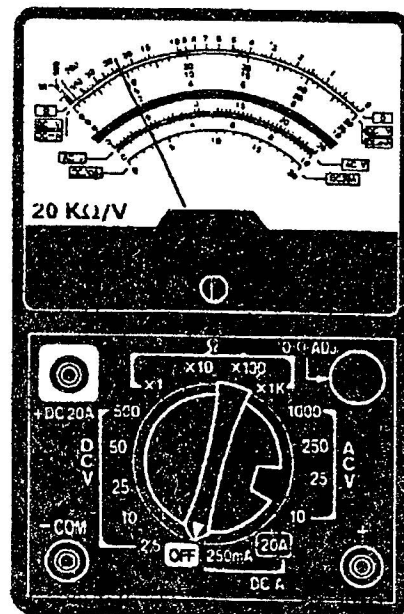


Determinação da resistência interna do voltímetro

Para calcular a resistência interna de um voltímetro, em determinada escala, multiplique o valor de Ω/V pelo leitura nessa escala.

Exemplo (figura da direita)

- escala de 10 V $20 (\text{k}\Omega/\text{V}) \times 10 (\text{V}) = 200 (\text{k}\Omega)$
- escala de 25 V $20 (\text{k}\Omega/\text{V}) \times 25 (\text{V}) = 500 (\text{k}\Omega)$



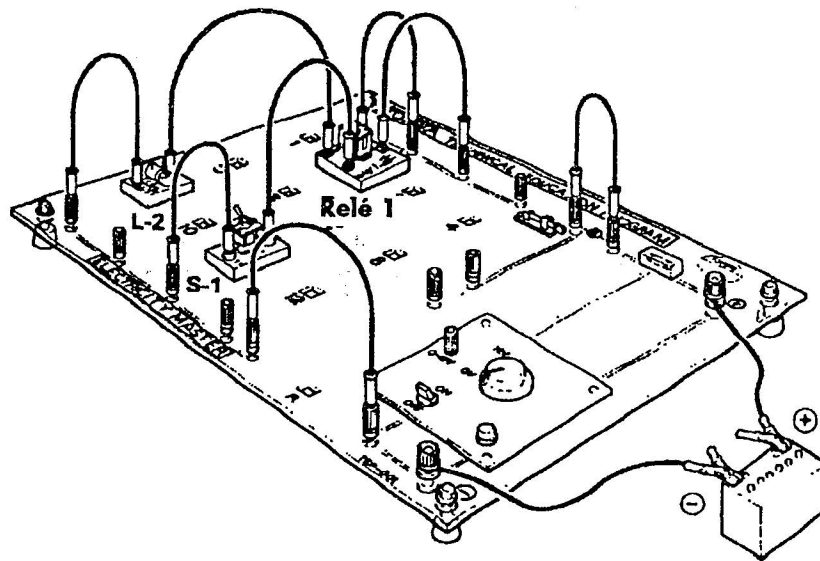
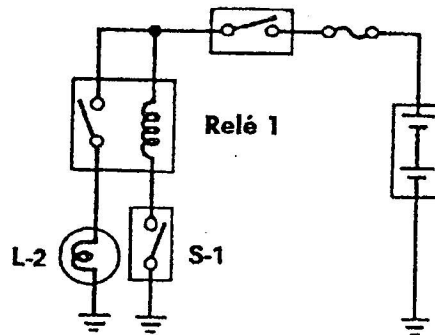
19. FUNÇÕES DOS RELÉS

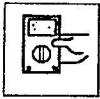


Quais são as funções dos relés ?

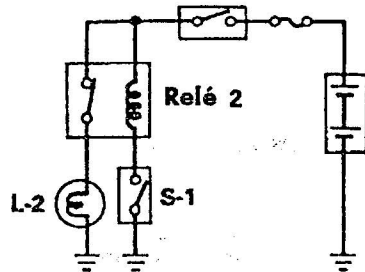
S-1, L-2, relé 1, relé 2

Construa um circuito que corresponda ao diagrama abaixo indicado.





1. Ligue o interruptor principal, antes de ligar S-1.
2. Troque o relé 2 pelo relé 1 e, em seguida, repita o passo 1.
3. Verifique o funcionamento do relé e da lâmpada nos passos 1 e 2.



Relé 1	S-1 ON	L-2 ()
	S-1 OFF	L-2 ()
Relé 2	S-1 ON	L-2 ()
	S-1 OFF	L-2 ()



1. Relé 1

Os contactos do relé fecham quando a corrente atravessa a bobine do relé, o que provoca o fluxo de corrente para L-2, que acende.

2. Relé 2

Os contactos do relé abrem quando a corrente atravessa a bobine do relé, o que interrompe o fluxo de corrente através de L-2, que apaga.

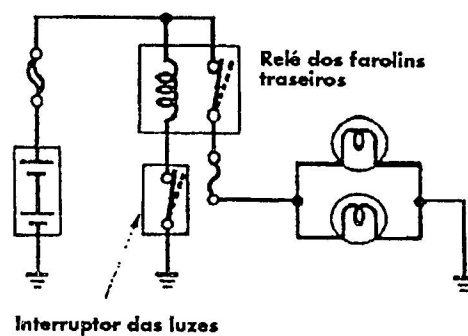
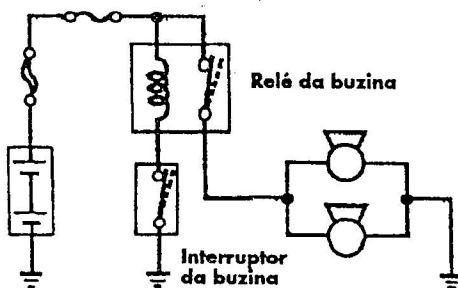


A força electromagnética gerada quando a corrente atravessa a bobine abre ou fecha os contactos do relé, abrindo ou fechando o circuito eléctrico.

• Relé 1

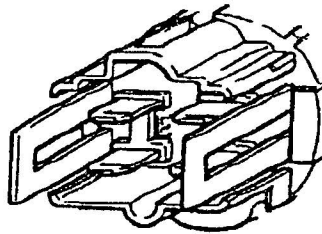
Os contactos estão abertos quando a corrente não atravessa a bobine, mas fecham quando a corrente a atravessa. Por essa razão, este relé é conhecido como um relé **normalmente aberto**.

- Exemplo de utilização -





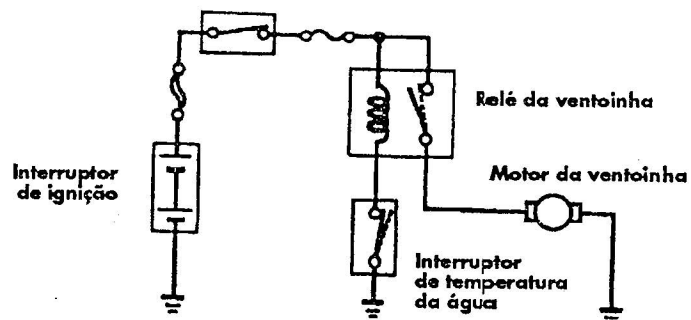
Os conectores dos relés normalmente abertos (M4) utilizados nos veículos Toyota apresentam a forma indicada na figura seguinte.



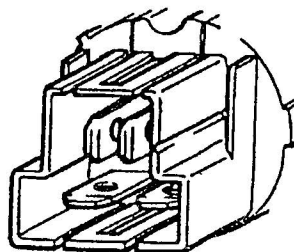
- **Relé 2**

Os contactos estão fechados quando a corrente não atravessa a bobine, mas abrem quando ela a atravessa. Este tipo de relé é conhecido como **relé normalmente fechado**.

- Exemplo de utilização -



Os conectores do relé normalmente fechado (B4) utilizados nos veículos Toyota apresentam a forma indicada na figura.



20. POTÊNCIA ELÉCTRICA



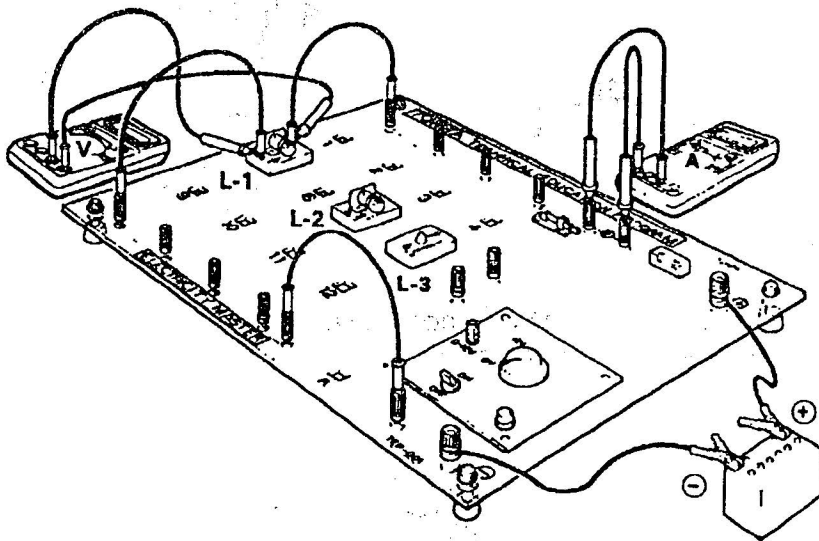
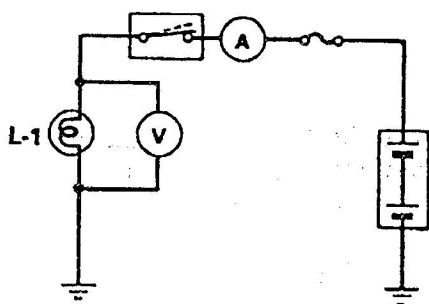
Que é a potência eléctrica ? E como é determinada ?

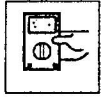


L-1, L-2 e L-3



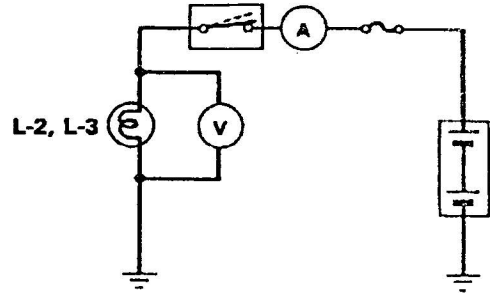
Construa um circuito que corresponda ao diagrama abaixo indicado.





1. Meça a tensão em L-1, e meça a intensidade da corrente que atravessa o circuito.
2. Substitua L-1 por L-2 e, em seguida, por L-3, repetindo os procedimentos descritos no passo 1.

LÂMPADA	W INDICADOS NA LÂMPADA	V	A
L-1	W	V	A
L-2	W	V	A
L-3	1,4 W	V	A



A potência eléctrica é calculada de acordo com a seguinte fórmula.

$$\text{Potência eléctrica (P)} = \text{Tensão (V)} \times \text{Corrente (I)}$$

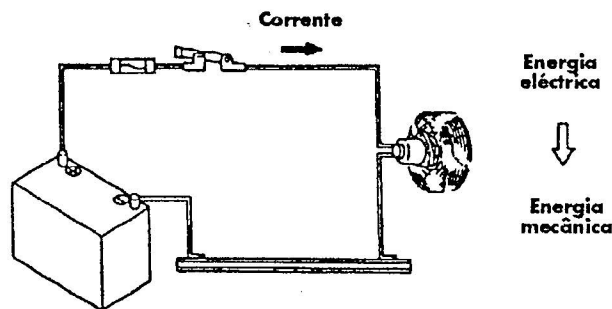


TRABALHO é definido como a quantidade total de energia (eléctrica ou outra) desenvolvida quando se efectua certa tarefa.

POTÊNCIA é a quantidade de trabalho efectuada numa *unidade de tempo*.

Quando a corrente atravessa um circuito eléctrico, a energia eléctrica é convertida em energia térmica, energia radiante (luz), energia mecânica, etc., para efectuar vários tipos de trabalho. Quando uma tensão é aplicada ao motor da ventoinha, por exemplo, o motor começa a rodar. Isto representa a conversão da energia eléctrica em energia mecânica, para efectuar esse trabalho.

A quantidade de trabalho efectuada pela electricidade numa unidade de tempo (por exemplo, 1 segundo) é chamada potência eléctrica. O símbolo **P** é utilizado para representar a potência eléctrica, que é medida em **watt (W)**.



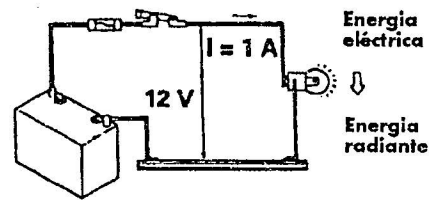


Partindo do princípio que uma tensão V é aplicada à lâmpada e a corrente I flui através dela, existe a seguinte relação entre a tensão, a corrente e a potência eléctrica que alimenta a lâmpada.

$$P (W) = V (V) \times I (A)$$

Por outras palavras, **1 W** é definido como a potência eléctrica consumida quando **1 V** é aplicado a uma carga e **1 A** flui através dela. No exemplo abaixo, a quantidade de potência eléctrica **P** medida em watts (**W**) consumida pela lâmpada é:

$$\begin{aligned} P &= V \times I \\ &= 12 \times 1 \\ &= 12 \text{ W} \end{aligned}$$

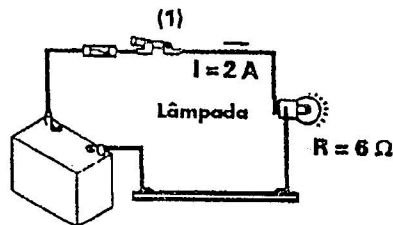


Substituindo na lei de Ohm ($V = I \times R$), podemos obter as seguintes expressões, a partir da equação da potência eléctrica.

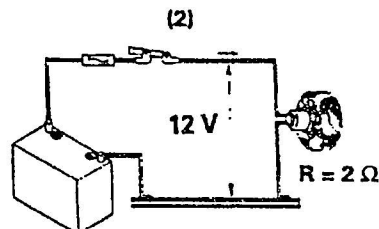
$$\begin{aligned} P &= V \times I \\ &= IR \times I \\ &= V \times (V/R) \\ &= R \times I^2 && \text{(para determinar a potência eléctrica, conhecidas a corrente e a resistência)} \\ &= V^2/R && \text{(para determinar a potência eléctrica, conhecidas a tensão e a resistência)} \end{aligned}$$



Calcule a potência eléctrica (P) no seguinte circuito.



P	W
---	---



P	W
---	---

21. CORRENTE E CONSUMO DE POTÊNCIA



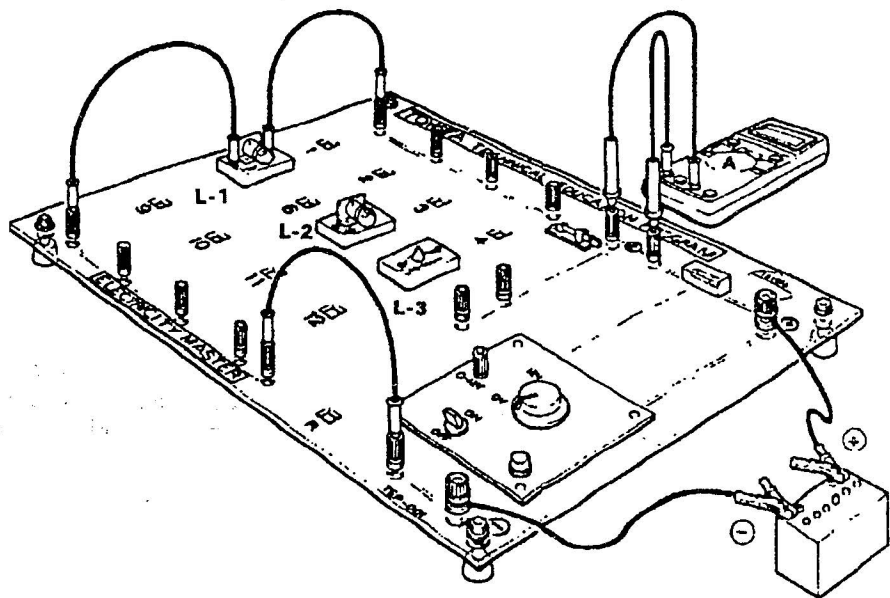
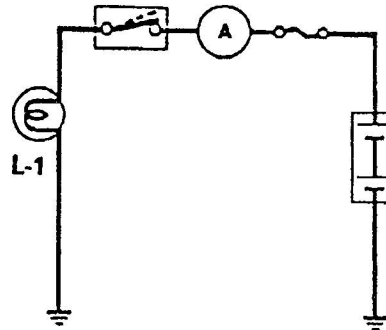
Qual a relação entre a corrente e o consumo de potência (medida em watts, ou w) de uma lâmpada ?

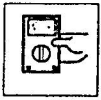


L-1, L-2 E L-3



Construa um circuito que corresponda ao diagrama abaixo indicado.





1. Meça a corrente que flui através do circuito.
2. Substitua L-1 por L-2 e, em seguida, por L-3, medindo a corrente em cada passo.
3. Compare o brilho de L-1, L-2 e L-3.

LÂMPADA	CORRENTE	LÂMPADA
L-1 (10 W)	A	
L-2 (5 W)	A	
L-3 (1,4 W)	A	

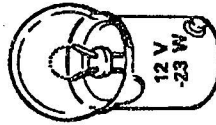


Quanto maior a potência de uma lâmpada, maior a corrente que a atravessa e maior o seu brilho.



O Watt é uma unidade destinada à medição do volume de potência eléctrica e é indicado pelo símbolo **W**. As lâmpadas utilizadas em automóveis apresentam a tensão que deverá ser usada e a potência da lâmpada (em watts) indicada na base, como se indica na figura. Neste caso, a lâmpada faz 23 W de trabalho quando lhe são aplicados 12 V.

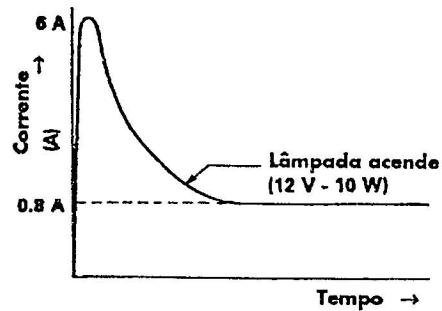
Quanto maior a potência de uma lâmpada, maior a quantidade de trabalho que ela realiza.



1. Calcule os valores de resistência de L-1 (12 V - 10 W), L-2 (12 V - 5 W), e L-3 (12 V - 1,4 W).
2. Meça a resistência de L-1, L-2 e L-3.

- ◊ Nos cálculos, os valores obtidos de resistência servem para quando a corrente atravessa as lâmpadas e elas estão acesas. Portanto, os valores de resistência obtidos nos cálculos são maiores que os valores obtidos quando as resistências das próprias lâmpadas são medidas (quando as lâmpadas estão frias).

LÂMPADA	RESISTÊNCIA (cálculo)	RESISTÊNCIA (medida)
L-1 (12 V, 10 A)	A	Ω
L-2 (12 V, 5 A)	A	Ω
L-3 (12 V, 1,4 A)	A	Ω



22. FUNCIONAMENTO DOS CONDENSADORES



Qual a função de um condensador ?



C-1, L-4 E S-1

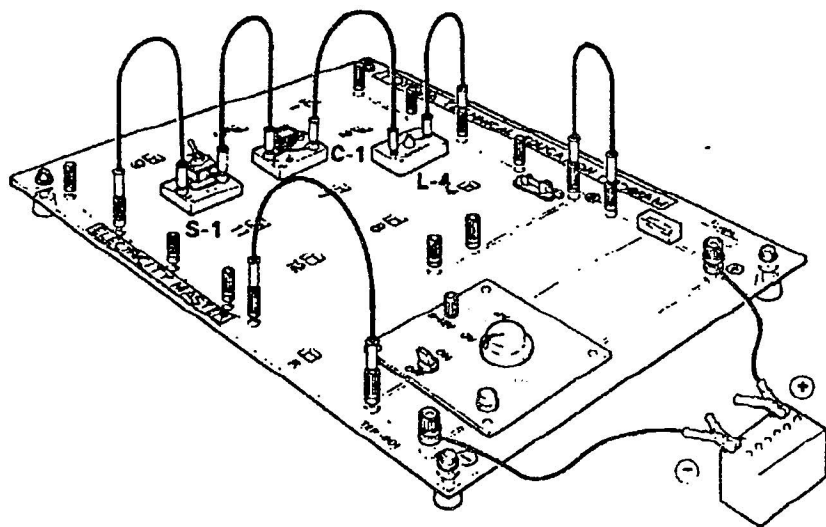
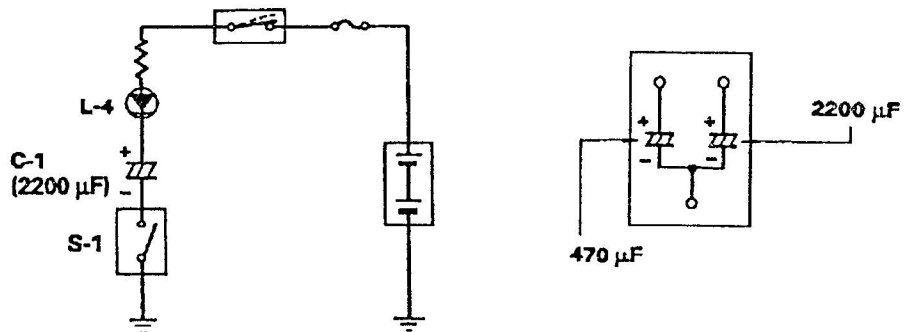


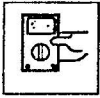
Construa um circuito que corresponda ao diagrama abaixo indicado (ligue-o a um terminal com uma capacidade de $2200 \mu\text{F}$).

- NOTAS -

1. C-1 mostra dois condensadores com diferentes capacidades ligados em paralelo (v. figura em baixo à direita).
2. Como os condensadores utilizados têm polaridade, confirme que o terminal marcado (+) é ligado ao lado da fonte de alimentação.

CIRCUITO A1



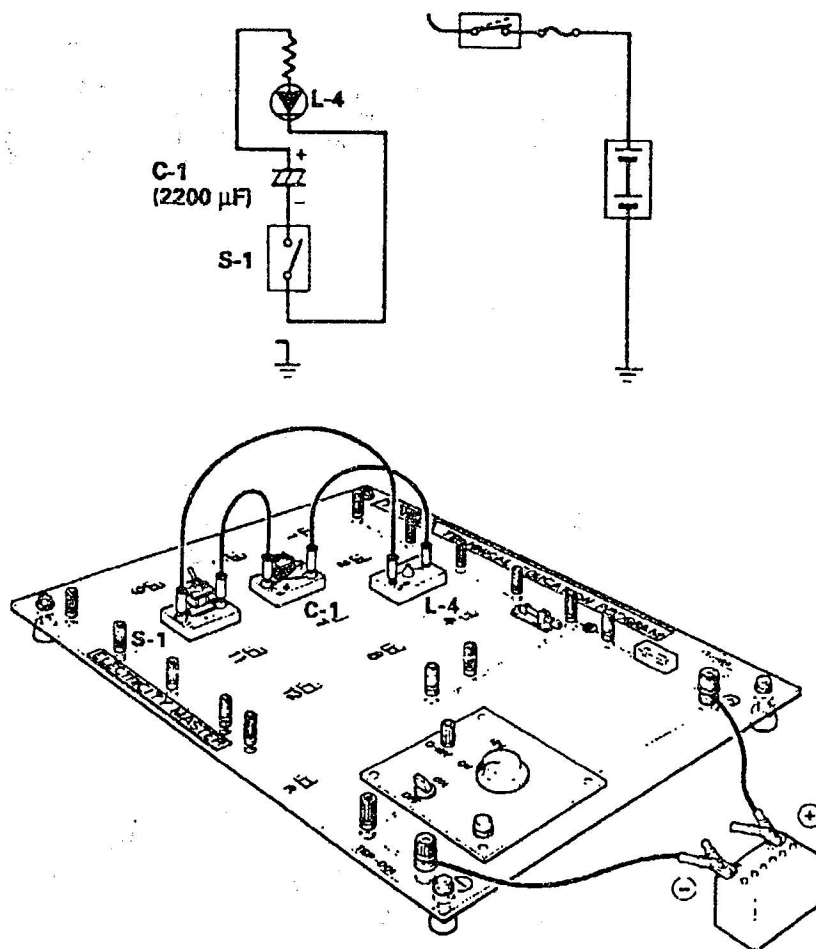


1. Rode S-1 e verifique o estado do LED (L-4)

Estado do LED (L-4) [C-1: 2200 μ F]

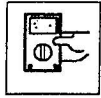
2. Desligue o interruptor principal e S-1.
3. Altere o circuito de acordo com o diagrama a seguir indicado.

CIRCUITO A2



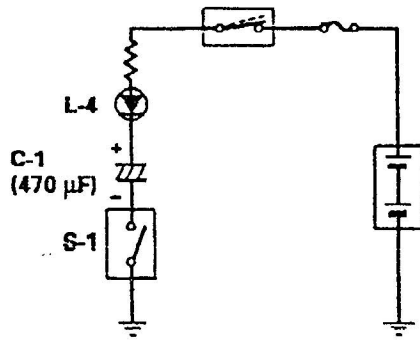
4. Ligue S-1 e verifique o estado do LED (L-4)

Estado do LED (L-4) [C-1: 2200 μ F]

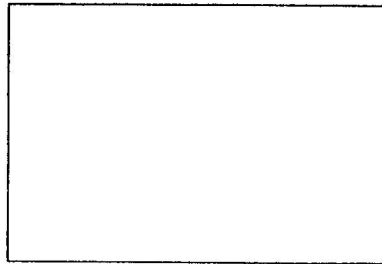


5. Substitua o condensador de $2200 \mu\text{F}$ por outro de $470 \mu\text{F}$ utilizado em C-1, e verifique como se altera o funcionamento do LED (L-4), em função das diferenças de capacitância dos condensadores.

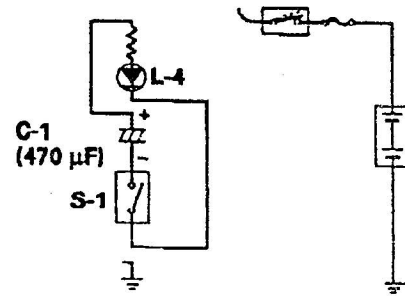
CIRCUITO A1



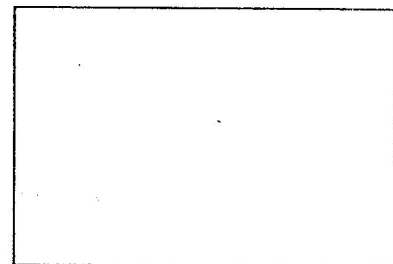
Estado do LED (L-4)
[C-1: $470 \mu\text{F}$]



CIRCUITO A2

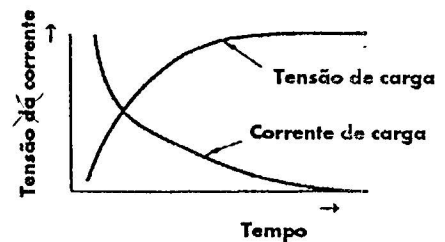
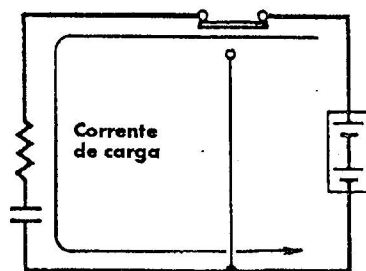


Estado do LED (L-4)
[C-1: $470 \mu\text{F}$]



CIRCUITO A 1

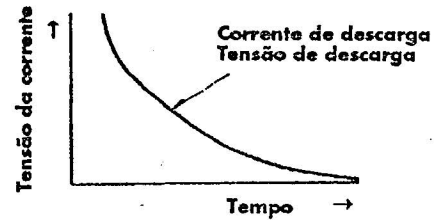
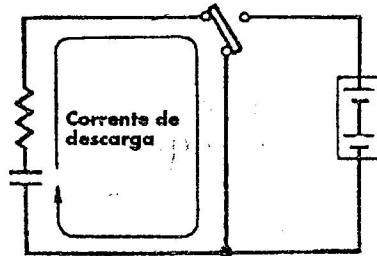
- Quando uma tensão contínua é aplicada a um condensador, a corrente atravessa o circuito até que o condensador esteja carregado (chama-se a isto **corrente de carga**).
- A corrente pára de fluir quando o condensador está completamente carregado.





CIRCUITO A 2

- Quando um condensador carregado é curto-circuitado, a corrente flui do condensador (corrente de descarga).
- A corrente de descarga começa por ser elevada, baixando gradualmente até 0.
- A direcção em que flui a corrente durante a carga é oposta à de descarga.



CIRCUITO B 1 E B 2

- Quanto maior a capacitância do condensador, mais longo o tempo de carga e descarga. Isto é, quanto maior a capacitância do condensador, mais tempo a corrente (corrente de carga e de descarga) flui e mais tempo o LED (L-4) permanece aceso.

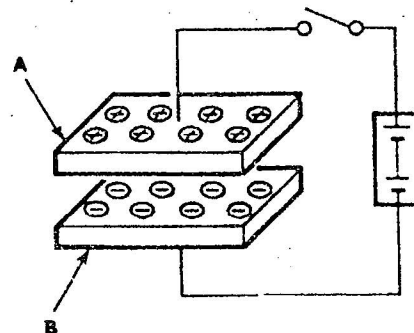


Princípio do condensador

Imaginemos duas placas metálicas A e B colocadas perto uma da outra, e separadas apenas por um isolador. Se uma das placas for ligada ao terminal positivo e a outra ao terminal negativo de uma bateria, as cargas positivas e negativas deslocam-se da bateria para as placas.

Como a carga positiva da placa A e a carga negativa da placa B se atraem entre si, não se podendo neutralizar devido à existência do isolador, desenvolve-se uma carga positiva numa das placas, e negativa na outra placa. Estas cargas permanecem "armazenadas" até serem descarregadas.

Um dispositivo que possa armazenar cargas eléctricas quando lhe é aplicada uma tensão é conhecido por condensador.





A carga eléctrica Q que pode ser armazenada por um condensador varia em proporção à tensão V que é aplicada, podendo ser expressa assim.

$$Q = CV$$

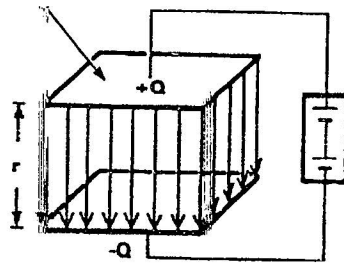
Na expressão anterior, C é uma constante que representa a capacidade de um condensador para armazenar carga eléctrica, chamando-se **capacitância**.

A capacitância apresenta as seguintes características.

- É proporcional à área total das placas do condensador.
- É proporcional à capacidade isoladora do elemento que separa as placas.
- É *inversamente proporcional* à distância entre as placas (r)

A capacitância é medida em Farads, representados pela letra F . Como o farad é uma unidade muito grande para ser utilizada na prática, são normalmente utilizadas outras, como se indica a seguir.

Corte da placa do electrodo

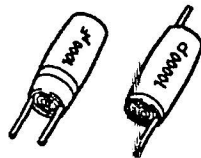


A carga eléctrica (Q) é proporcional à capacitância (C) e à tensão (V)

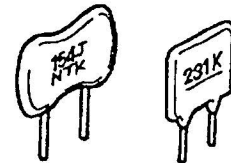
	BASE	UNIDADE BASE	
SÍMBOLO	F	μF	pF
DESIGNAÇÃO	Farad	Microfarad	Picofarad
PROPORÇÃO	1	$\frac{1 \times 10^{-6}}{(1/1.000.000)}$	$\frac{1 \times 10^{-12}}{(1/1.000.000.000.000)}$

Tipos e aspecto dos condensadores

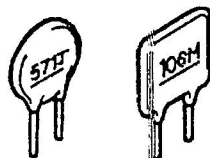
- CONDENSADORES DE PLÁSTICO



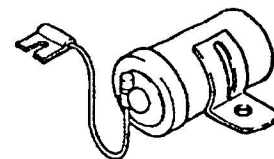
- CONDENSADORES DE MICA



- CONDENSADORES CERÂMICOS



- CONDENSADORES DE PAPEL

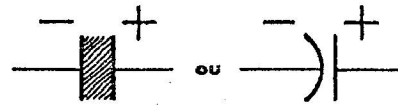
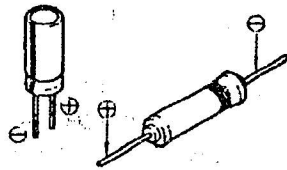




1. CONDENSADORES ELECTROLÍTICOS

Como um condensador electrolítico funciona por acção electrolítica, os seus terminais apresentam polaridade (positivo e negativo), devendo por isso ser correctamente ligados.

Para poder distinguir os condensadores electrolíticos dos outros tipos de condensadores, são utilizados símbolos gráficos especiais para os representar, como se pode ver abaixo. Note-se que os condensadores electrolíticos são marcados, para indicar as suas polaridades.



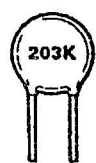
Condensador electrolítico

A temperatura máxima a que um condensador pode ser utilizado é, geralmente, especificada. Se a temperatura do condensador ultrapassar este valor, ele ficará destruído ou com as suas características afectadas. Quando os condensadores são utilizados em locais de elevada temperatura ambiente, devem ser utilizados condensadores com especificações de alta temperatura. Os condensadores sem especificações de temperatura podem ser utilizados em locais com temperaturas até 80 - 85°C.



Temperatura máxima de utilização

2. CAPACIDADE DE LEITURA DOS CONDENSADORES



$$203K = 20 \times 10^3 = 20000 \text{ pF} \\ = 0.02 \text{ } \mu\text{F}$$



M ... ±20%
K ... ±10%
J ... ±5%

103K → $10 \times 10^3 = 10000 \text{ pF}$
0.01 μF

Tolerância
Número de zeros
Ler como

23. FUNCIONAMENTO DOS DÍODOS



Quais as funções dos díodos ?



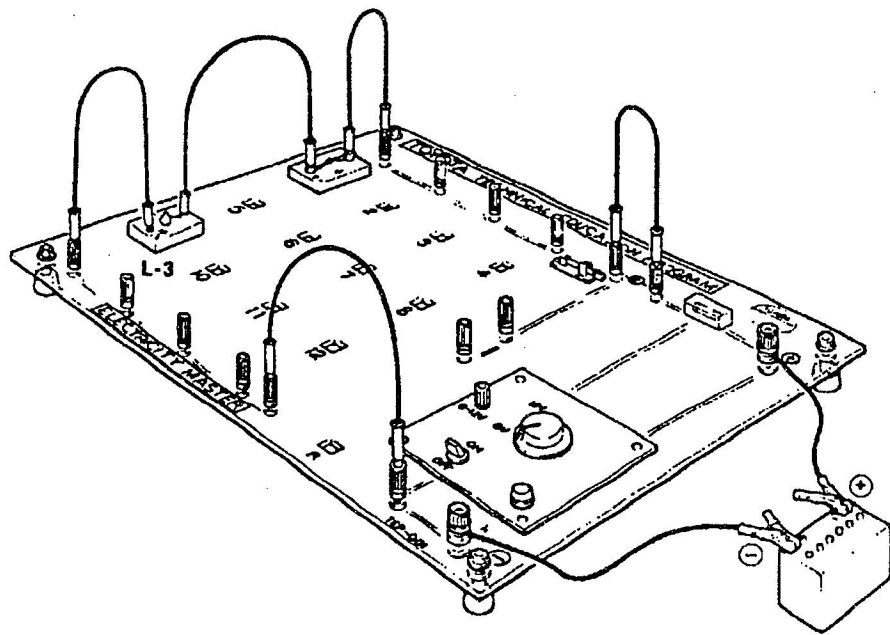
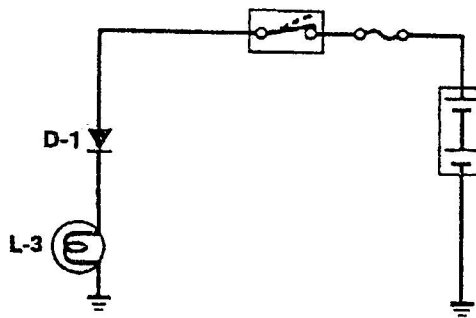
D-1, L-3

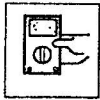


Construa um circuito que corresponda ao diagrama abaixo indicado.

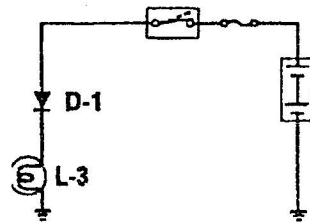
- PRECAUÇÃO -
Nunca utilize L-1 ou L-2, uma vez que queima D-1.

CIRCUITO A

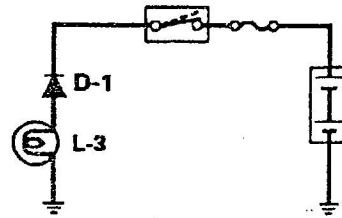




2. Altere a direcção de D-1, e verifique o funcionamento da lâmpada.



Circuito A



Circuito B

	L-3	FLUXO DE CORRENTE
CIRCUITO A		
CIRCUITO B		

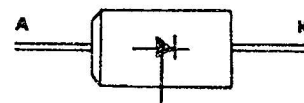
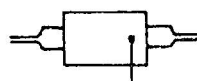
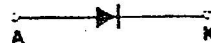
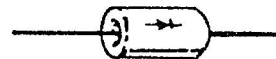
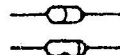
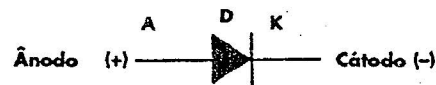


A lâmpada no circuito A acende, mas a lâmpada no circuito B não acende. Isto significa que a corrente flui para a lâmpada no circuito A, mas não o faz no circuito B.

A diferença entre os circuitos A e B é a direcção do diodo incorporado em cada um deles. Podemos compreender assim que a função de um diodo é permitir que a corrente passe num sentido e não no outro.



Um diodo é representado pelo símbolo **D** ou graficamente como se indica abaixo. A aresta do triângulo indica a direcção do fluxo de corrente. O **ânodo** é representado pelo símbolo **A**, e o **cátodo** pelo símbolo **K**.



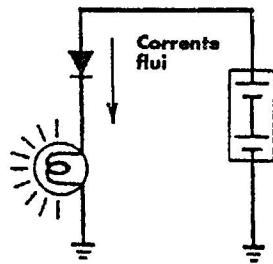
Código de cor

Ponto

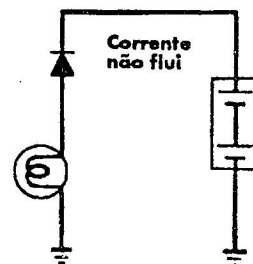
Símbolo gráfico



- A direcção na qual flui a corrente através de um diodo é chamada **direcção directa**, e a direcção oposta é chamada **direcção inversa**. Numa ligação de direcção directa, o terminal ligado ao lado positivo (+) da fonte de alimentação é chamado **ânodo**, e o terminal ligado ao lado negativo (-) da fonte é chamado **cátodo**. Todos os diodos têm representado o seu cátodo, para identificar a direcção.



Ligação directa



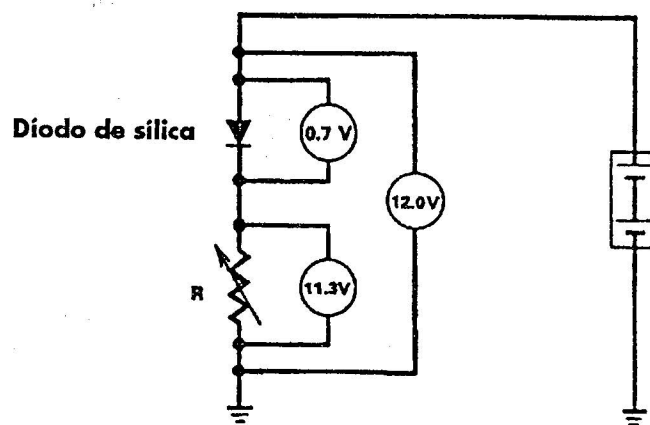
Ligação inversa

- Uma determinada tensão mínima é necessária para que o diodo permita a passagem de corrente. Esta tensão varia conforme o material de que ele é construído.

Diodo de sílica: cerca de 0,7 V

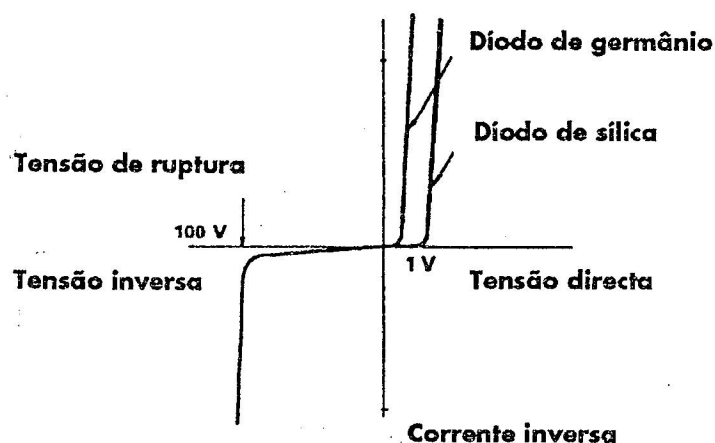
Diodo de germânio: cerca de 0,3 V

O diodo actua como uma resistência no circuito, e provoca igualmente uma queda de tensão.



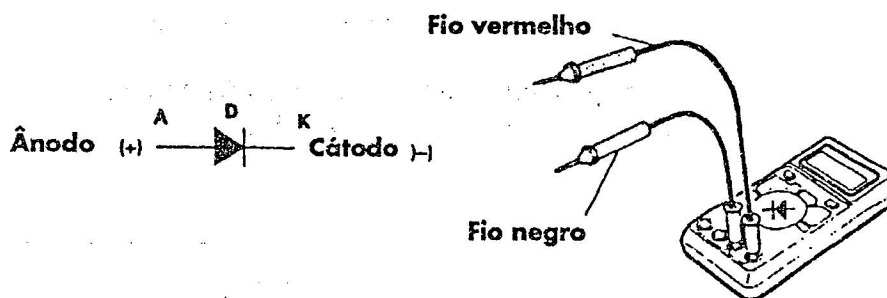


- Se for aplicada uma tensão inversa, passará uma corrente extremamente pequena (corrente inversa de fuga). Contudo, se esta tensão inversa for suficientemente aumentada, a amperagem da corrente que atravessa o diodo aumenta subitamente muito, destruindo o diodo. Chama-se a isto **ruptura** do diodo, e a esta tensão chama-se **tensão de ruptura**.



Inspeção de diodos (utilizando um multímetro)

- Ligue a ponta de prova vermelha ao terminal positivo (**V-Ω**) do medidor, e a ponta de prova negra ao terminal negativo (COM).



- Rode o interruptor de função para a posição "**V-Ω**".
- Ligue a ponta de prova negra ao cátodo do diodo.
- Ligue a ponta de prova vermelha ao ânodo. Se o mostrador indicar entre 0,300 e 0,700, o diodo está bom se estiver indicado na direcção directa.
- Em seguida, ligue a ponta de prova negra ao ânodo do diodo.
- Ligue a ponta de prova vermelha ao cátodo. Se o mostrador indicar entre 1200 e 1800, o diodo está bom se estiver orientado na direcção inversa.

Os passos 3 e 4 testam a direcção directa do diodo, e os passos 5 e 6 testam a direcção inversa.

24. FUNCIONAMENTO DOS DÍODOS ZENER



Quais as funções dos díodos Zener ?

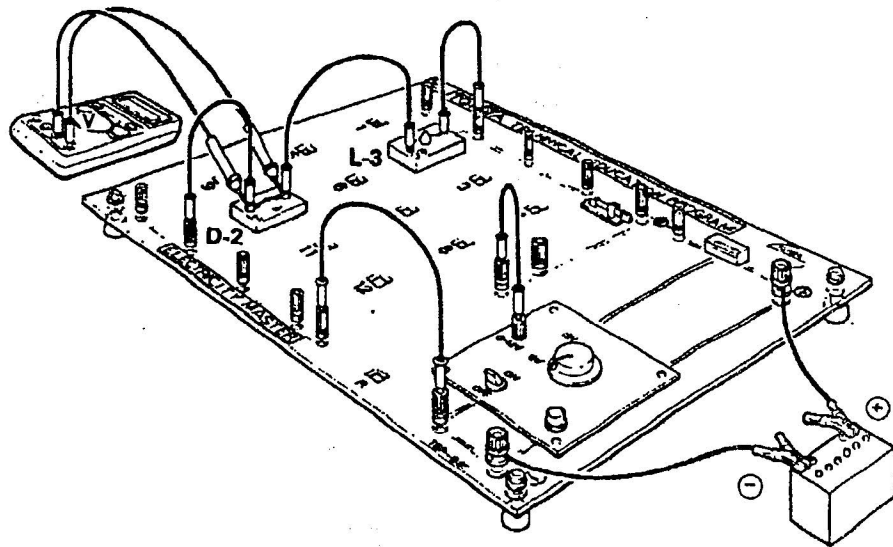
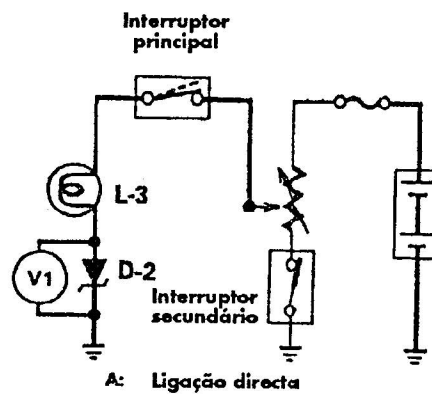


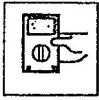
L-3, D-2



1. Construa um circuito que corresponda ao diagrama abaixo indicado e, em seguida, meça V1 quando L-3 acende.

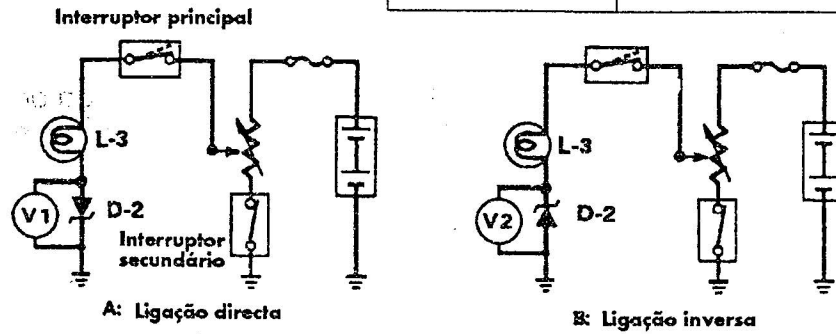
- PRECAUÇÃO -
Nunca utilize L-1 ou L-2, uma vez que D-2 pode queimar.





2. Altere a direcção de D-2 e, em seguida, meça V2 quando L-3 acende.

V1 (circuito A)	V
V1 (circuito A)	V



a. Ligação directa

A corrente atravessa o díodo Zener do mesmo modo que um díodo normal.

b. Ligação inversa

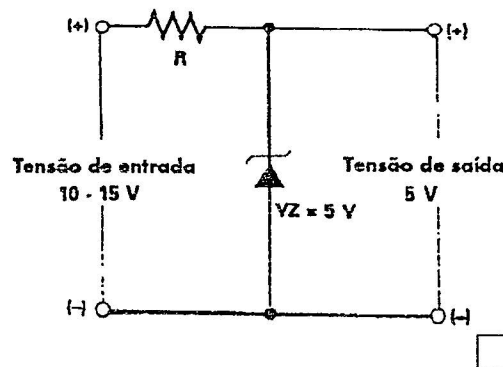
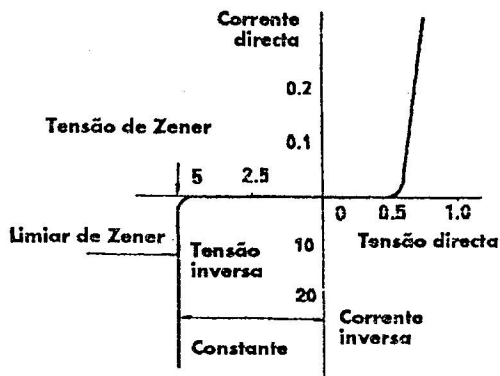
A corrente começa a atravessar o díodo Zener quando a tensão ultrapassa um certo valor.



O díodo Zener é como um díodo vulgar no que toca a deixar passar a corrente na direcção directa. Contudo, difere na medida em que a tensão inversa de ruptura (tensão Zener) é muito mais baixa que a de um díodo vulgar.

Além disso, uma tensão superior à tensão de ruptura pode ser aplicada a um díodo Zener sem o danificar.

Quando uma tensão superior à tensão de ruptura é aplicada a um díodo Zener, a corrente aumenta subitamente de modo a que a diferença de tensão entre os terminais do díodo Zener se mantém sempre próxima da tensão de Zener. Esta característica do díodo Zener torna-o bastante útil em circuitos de tensão constante.



25. FUNCIONAMENTO DOS LED

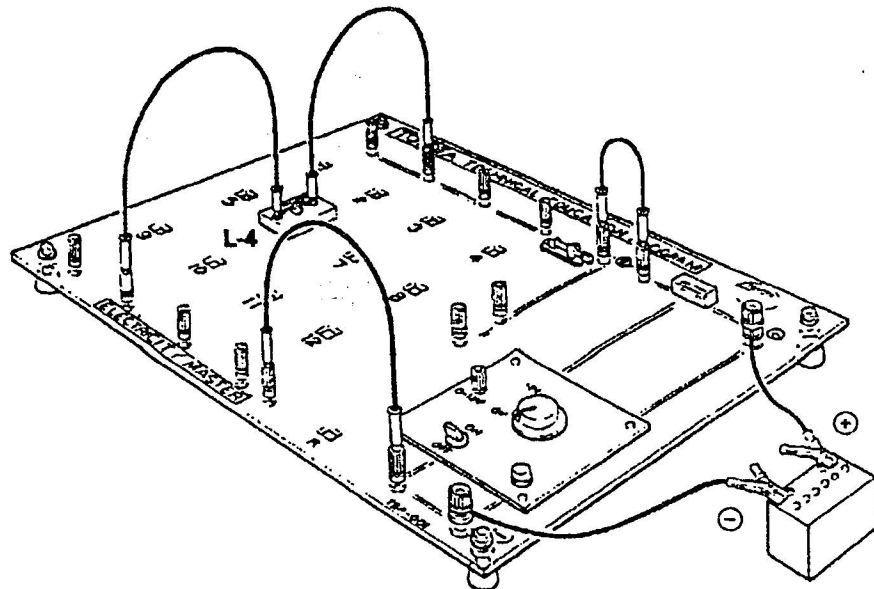
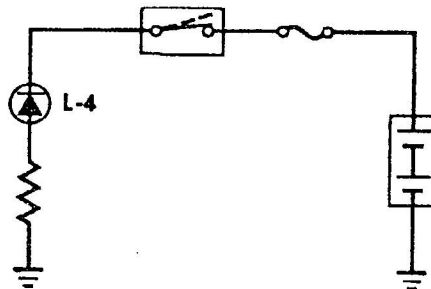


Quais as funções dos díodos emissores de luz (LED) ?

L-4

1. Construa um circuito que corresponda ao diagrama abaixo indicado e, em seguida, verifique o funcionamento do LED (L-4)

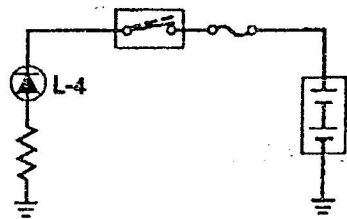
CIRCUITO A



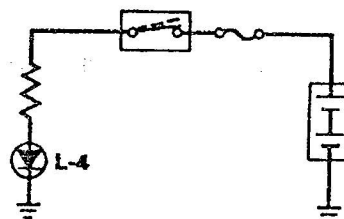


2. Inverta a posição do LED (L-4) e, em seguida, verifique o seu funcionamento.

	LED (L-4)	FLUXO DE CORRENTE
CIRCUITO A		
CIRCUITO B		



Circuito A



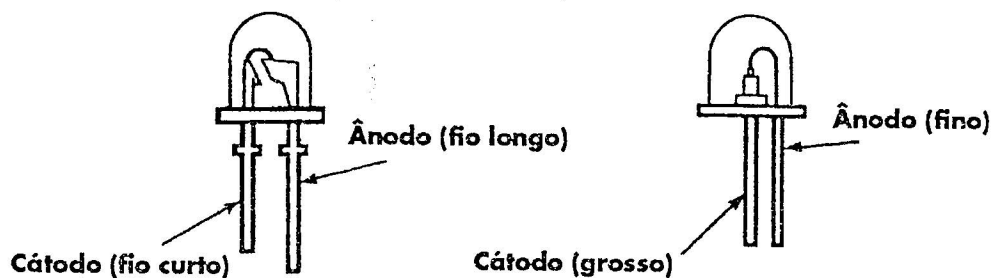
Circuito B



No circuito A, o LED está ligado na direcção inversa. Por isso, a corrente não flui e o LED não acende.
No circuito B, o LED está ligado na direcção directa e, por isso, a corrente flui e o LED acende.



- Um LED apresenta as mesmas características gerais de um díodo vulgar.
- A única diferença é o facto de o LED acender quando a corrente o atravessa.
- O LED apresenta uma maior duração e desenvolve menos calor que uma lâmpada.
- Menor consumo de potência.
- Há dois tipos básicos de LED:



26. FUNCIONAMENTO DOS TRANSISTORES



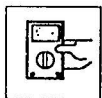
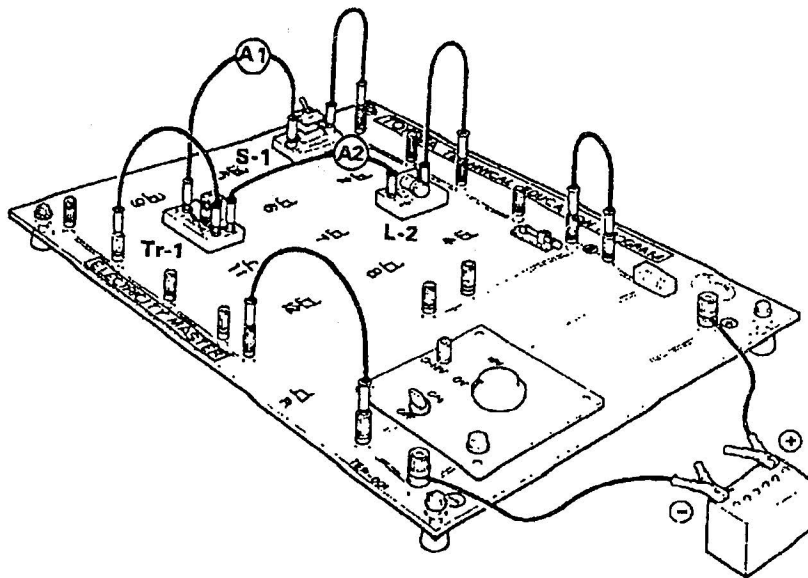
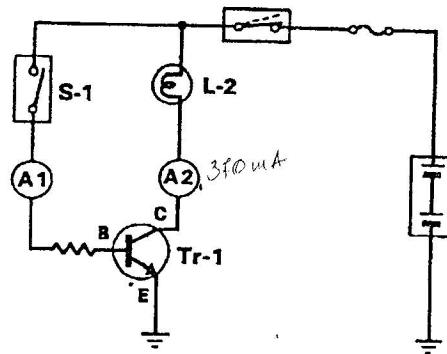
Quais as funções dos transistores ?



MEDIÇÃO 1
S-1, L-2 e Tr-1



Construa um circuito que corresponda ao diagrama abaixo indicado.



1. Ligue S-1.
2. Meça a corrente que flui através de S-1 e L-2 quando S-1 está ligado e, em seguida, quando está desligado.

S-1	A-1	A-2	LÂMPADA
OFF	A	A	
ON	A	A	

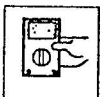
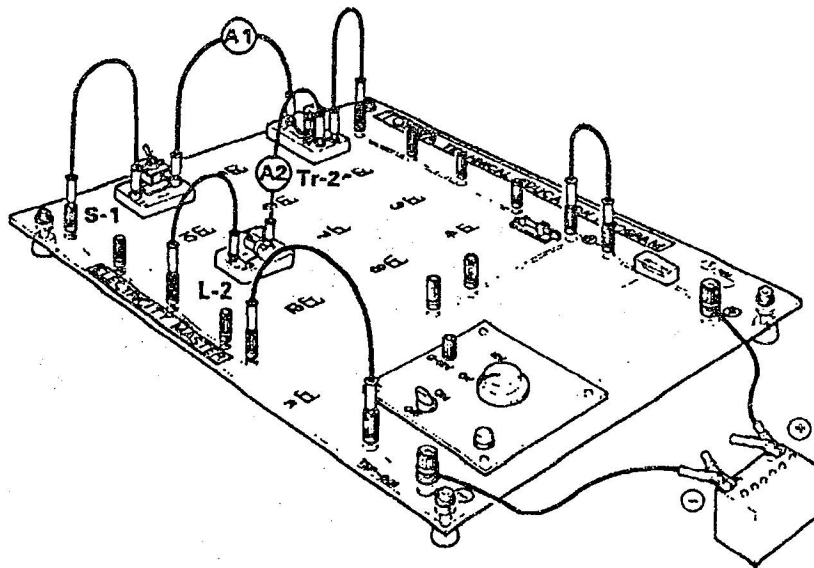
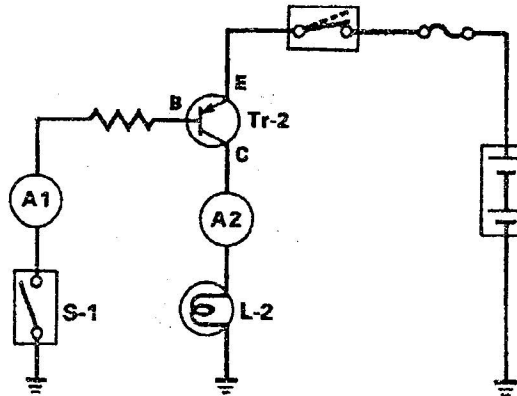


MEDIÇÃO 2

S-1, L-2, Tr-2



Construa um circuito que corresponda ao diagrama abaixo indicado.



1. Ligue S-1.
2. Meça a corrente que flui através de S-1 e L-2 quando S-1 está ligado e, em seguida, quando está desligado.

S-1	A-1	A-2	LÂMPADA
OFF	A	A	
ON	A	A	

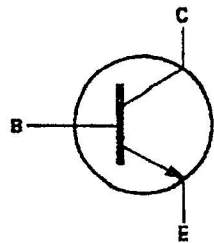


1. Quando S-1 está ligado, a corrente flui através de L-2, que acende.
2. A corrente que atravessa L-2 é superior à corrente que atravessa S-1.

A concepção de um transistor pode ser de dois tipos diferentes, expressos nos seguintes dois símbolos:

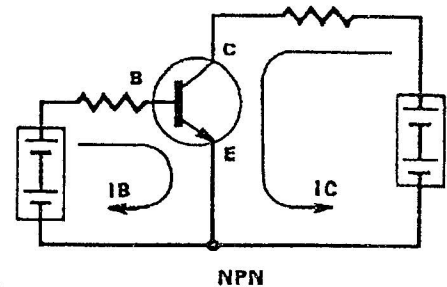
1. TRANSISTOR NPN

Como se pode ver no diagrama abaixo, quando uma tensão directa é aplicada da base ao emissor (isto é, quando uma **tensão de polarização** é aplicada), a corrente flui da base ao emissor. Esta corrente chama-se **corrente de base (IB)**. Quando a corrente de base flui, o transistor liga, e a corrente flui do colector para o emissor (**corrente de colector: IC**).



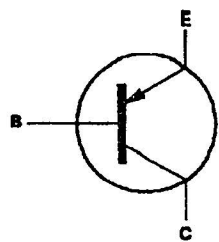
Transistor NPN
(Tr-1)

E Emissor
B Base
C Colector



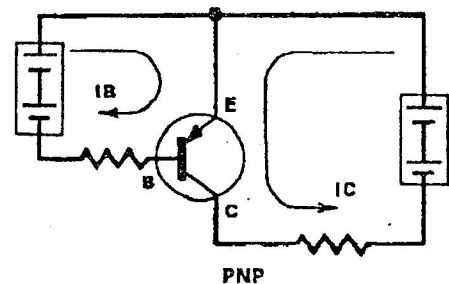
2. TRANSISTOR PNP

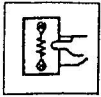
Como se pode ver no diagrama abaixo, quando uma tensão directa é aplicada do emissor à base (é aplicada uma **tensão de polarização**), a corrente flui do emissor para a base. Isto liga o transistor, e a corrente flui do emissor para o colector (**corrente de colector: IC**).



Transistor PNP
(Tr-2)

E Emissor
B Base
C Colector



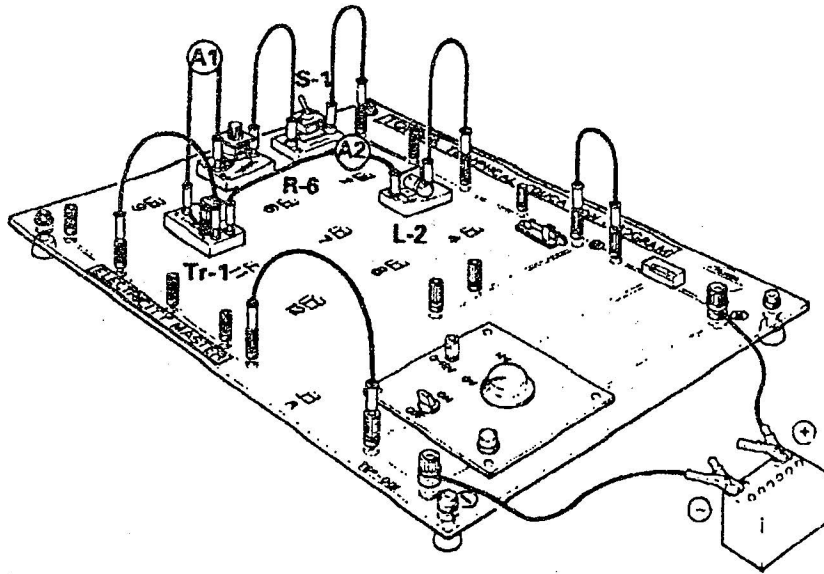
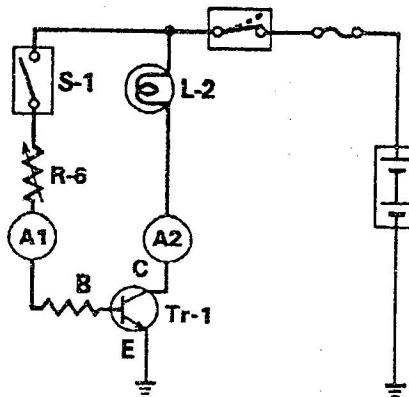


MEDIÇÃO 3

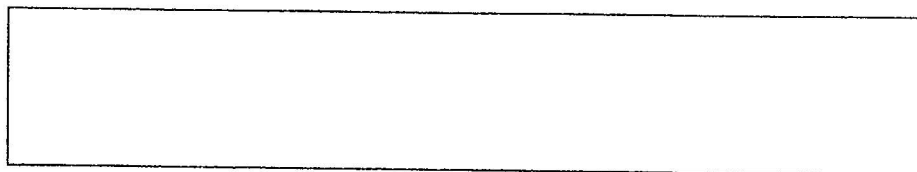
S-1, L-2, R-6, TR-1



Construa um circuito que corresponda ao diagrama abaixo indicado.



1. Ligue S-1.
2. Verifique o que acontece a A2 quando roda o botão da resistência variável (R-6), alterando a corrente de base (A1).





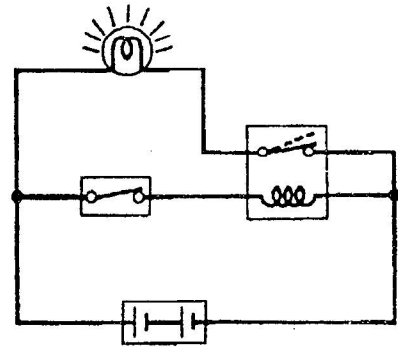
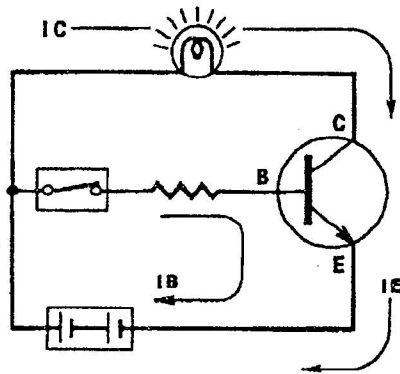
Quando a corrente de base aumenta, a corrente de colector também aumenta. Isto é, a corrente de colector pode ser controlada a partir da corrente de base.

Funções dos transistores

1. FUNÇÃO DE INTERRUPTOR

Um transistor pode ser utilizado como relé.

Quando a corrente de base (I_B) flui, a corrente de colector também flui, e quando a corrente de base é cortada, a corrente de colector também pára. Significa isto que, com efeito, o transistor funciona como um relé e pode ser utilizado, por exemplo, para acender e apagar uma lâmpada, como indica a figura abaixo.





2. FUNÇÃO AMPLIFICADORA

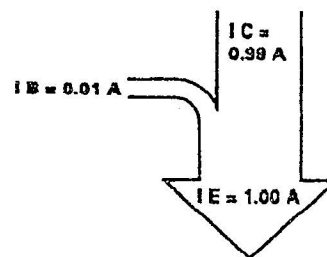
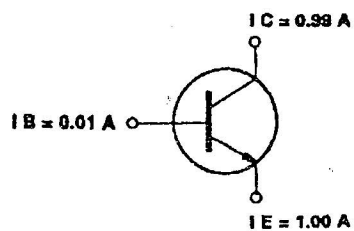
Aplicando uma corrente de base mínima (I_B) a um transistor, pode-se provocar uma elevada corrente de colector (I_C).

O coeficiente de amplificação desta corrente (h_{FE}) vai normalmente de 10 a 3.000, como determina a seguinte fórmula.

$$h_{FE} = \frac{I_C}{I_B}$$

Além disso, existe a seguinte relação entre a corrente de base (I_B), a corrente de colector (I_C) e a corrente de emissor (I_E):

$$I_E = I_B + I_C$$



INSPECÇÃO

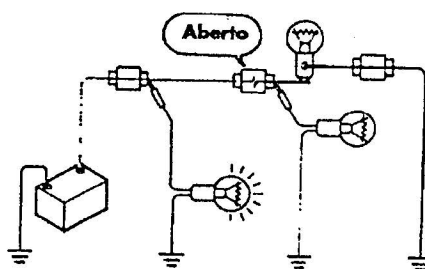
1. DETECÇÃO DE CIRCUITOS ABERTOS



Qual o melhor processo para detectar um circuito aberto ?

MÉTODO 1 (utilizando uma luz de teste)

Um dos métodos de detecção de um circuito aberto é a utilização de uma luz de teste. Este método é eficaz quando flui uma corrente forte através do circuito mas, se a corrente for baixa, a lâmpada não chega a acender, e será difícil detectar se o circuito está interrompido ou não.

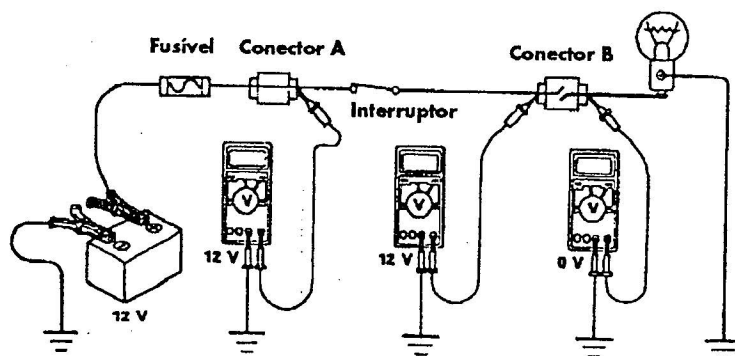


MÉTODO 2 (utilizando um multímetro)

EXEMPLO 1

No circuito seguinte, a lâmpada não acende, mesmo que o interruptor seja ligado (como acima), levando a pensar que existe uma interrupção do circuito.

A localização da interrupção do circuito pode ser detectada medindo a tensão em todos os terminais.

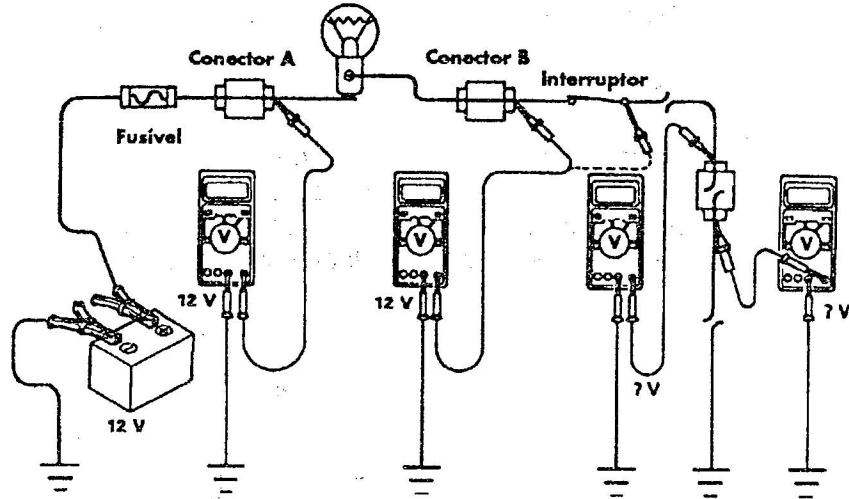


Como se pode ver na figura acima, a tensão dos terminais é medida por ordem, começando pelo lado da fonte. Se, por exemplo, o aparelho de medição indica que o lado da fonte do conector B apresenta uma tensão de 12 V, enquanto o lado de carga do mesmo conector apresenta uma tensão de 0 V, podemos concluir que a interrupção do circuito se encontra no conector B.



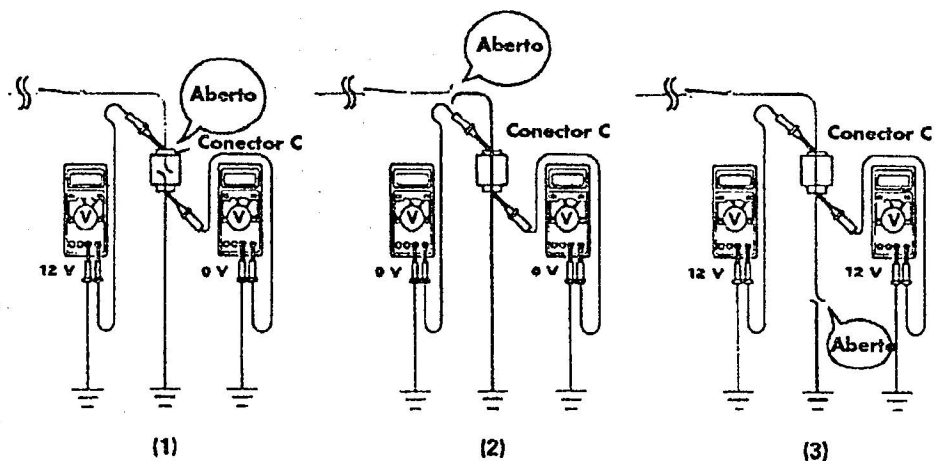
EXEMPLO 2

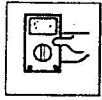
Que significa o facto de a lâmpada não acender no circuito seguinte ?



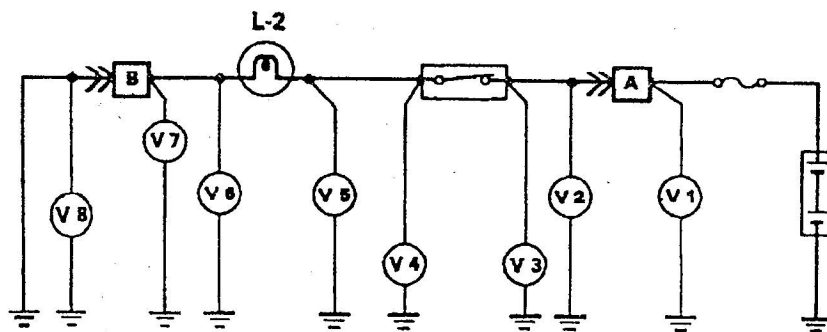
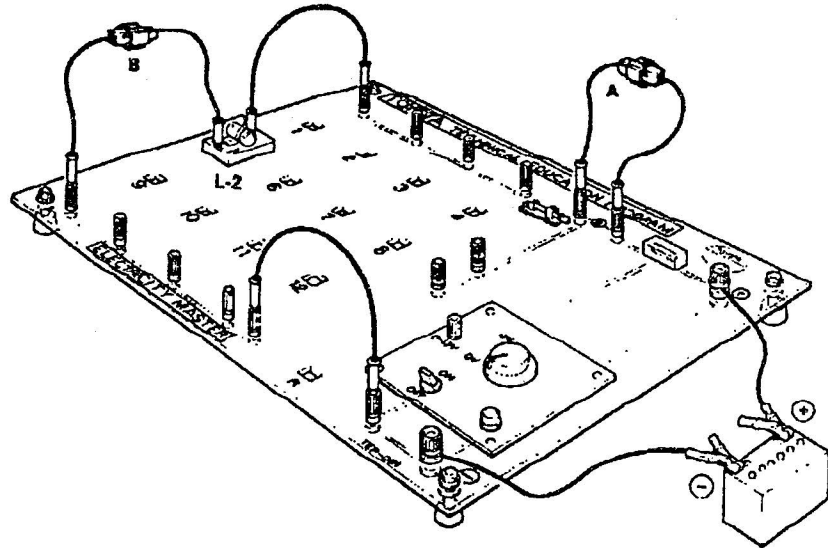
Igualmente neste caso, meça a tensão nos terminais e por ordem.

1. Se os resultados obtidos mostram que a tensão do lado da fonte (lado da lâmpada) do conector C é de 12 V, enquanto a tensão do lado da massa é de 0 V, o circuito está interrompido no conector C.
2. Se a tensão é de 0 V em ambos os lados do conector C, podemos concluir que o circuito está aberto entre o conector B e o conector C.
3. Se a tensão for de 12 V em ambos os lados do conector C, podemos concluir que o circuito está interrompido entre o conector C e a massa.





Construa o circuito indicado na ilustração, utilizando dois fios com conectores e L-2. Verifique se há interrupções no circuito, utilizando um multímetro.



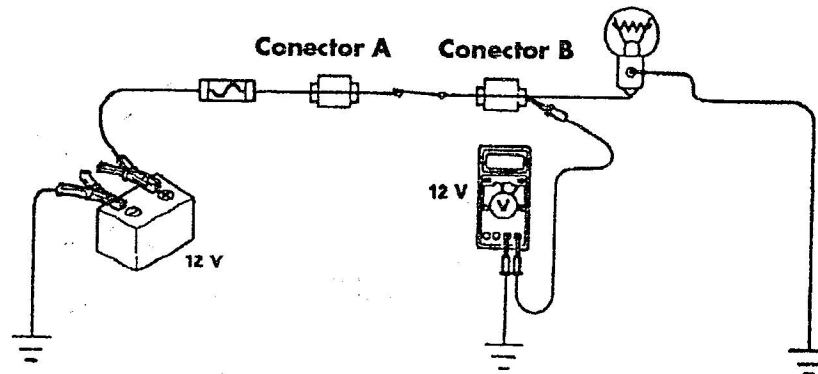
V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
V	V	V	V	V	V	V	V

→ Localização do circuito aberto



MÉTODO 3 (utilizando um fio de serviço)

Se a lâmpada indicada na figura não acende, mesmo que seja detectada uma tensão de 12 V no conector do lado da fonte, onde poderá estar a avaria ?

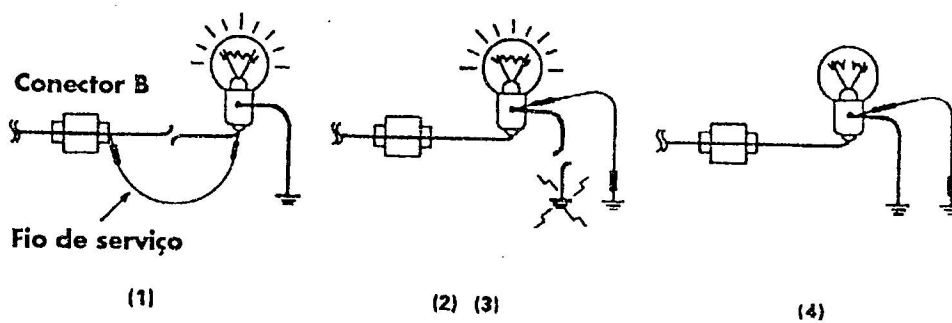


Neste caso, há quatro possíveis causas.

1. O fio entre a lâmpada e o conector B está traçado
2. O fio entre a lâmpada e a massa está traçado
3. Há mau contacto no fio à massa
4. A lâmpada está fundida.

Para determinar qual das quatro é a verdadeira causa, ligue a lâmpada ao conector B, utilizando um fio de serviço. O circuito estará interrompido entre a lâmpada e o conector B se a lâmpada acender. Se a lâmpada não acender, ligue-a directamente à massa, utilizando o fio de serviço.

O circuito está interrompido entre a lâmpada e a massa, ou há mau contacto no fio da massa, se a lâmpada acender. Se a lâmpada não acender, está fundida.





REFERÊNCIA

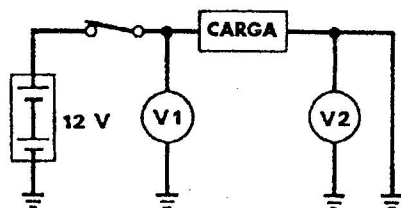
A diferença entre o Exemplo 1 e o Exemplo 2 é a localização do interruptor.

1. Exemplo 1

- **O interruptor está antes da carga**

Como não é fornecida potência à carga, quando o interruptor está desligado, tanto V1 como V2 estarão a 0 V.

A tensão medida em V1 será a mesma que a da fonte de alimentação quando o interruptor está ligado, por isso o medidor indicará 12 V. Como V2 é medido no lado da massa da carga, ele indica 0 V (a queda de tensão da carga leva V2 a 0 V).



INTERRUPTOR	V1	V2
OFF	0V	0V
ON	12V	0V

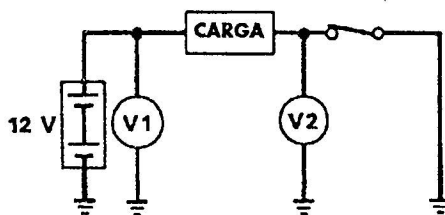
2. Exemplo 2

- **Interruptor depois da carga**

Como a tensão da fonte é aplicada à carga quando o interruptor está desligado, V1 medirá 12 V.

Além disso, como não flui corrente através da carga quando o interruptor está desligado, não há queda de tensão no lado da massa da carga, e V2 também mede 12 V.

A tensão medida em V1 será a mesma da fonte quando o interruptor está ligado, e o medidor indicará 12 V. Como V2 é medido no lado da massa da carga, indica 0 V (a queda de tensão da carga leva V2 a 0 V)



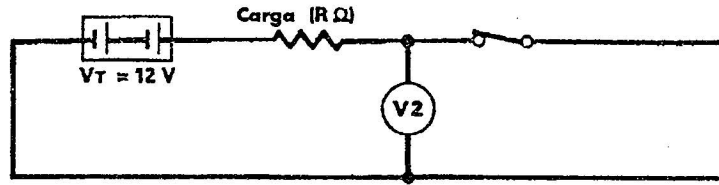
INTERRUPTOR	V1	V2
OFF	12V	12V
ON	12V	0V

Excepto no que respeita ao interruptor de ignição, a maior parte dos circuitos eléctricos Toyota têm os interruptores ligados do **lado da massa** das cargas, como no exemplo 2.

As condições correctas de tensão em cada circuito devem ser perfeitamente compreendidas quando se detecta um circuito interrompido.



TENSÃO EM V2



A tensão em V2 resulta da subtração da queda de tensão (V_d) gerada pela carga à tensão da fonte.

$$V2 = VE - Vd$$

A queda de tensão gerada pela carga é determinada utilizando a lei de Ohm:

$$Vd = I (\text{corrente do circuito}) \times R$$

Portanto, quando o interruptor está desligado, $I = 0$, e V_d é de 0 V, conforme a fórmula seguinte.

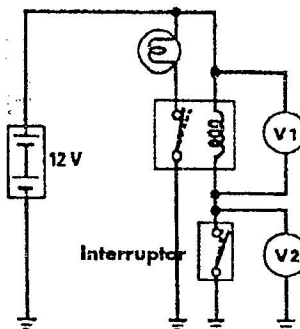
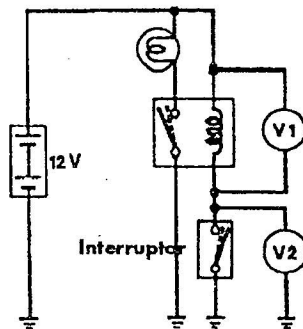
$$Vd = 0(A) \times R(\Omega) = 0(V)$$

Isto é, uma vez que a corrente não atravessa o circuito quando o interruptor está desligado, a carga não gera uma queda de tensão. Em resultado, V2 passa a 12 V, conforme a fórmula;

$$\begin{aligned} V2 &= Vt - Vd \\ &= 12(V) - 0(V) = 12V \end{aligned}$$



Preencha os quadros abaixo com o estado do interruptor e os valores de tensão V1 e V2, quando a lâmpada está acesa e apagada.



LÂMPADA	INTERRUPTOR	V1	V2
ON			
OFF			

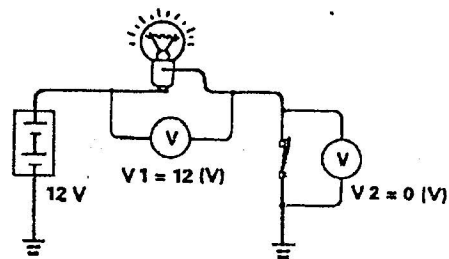
LÂMPADA	INTERRUPTOR	V1	V2
ON			
OFF			

2. DETECÇÃO DE MAU CONTACTO



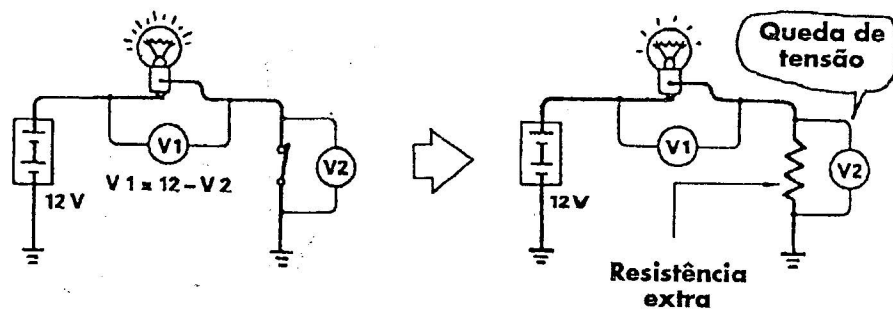
Qual a melhor forma de detectar um mau contacto ?

Se tudo estiver normal no circuito abaixo, a lâmpada acende normalmente. Neste caso, a tensão da fonte de alimentação é aplicada à lâmpada, e a diferença de potencial entre os dois terminais do interruptor é de 0 V.



Se os contactos do interruptor estiverem queimados, que acontece ?

Contactos queimados no interruptor fazem aumentar a resistência do contacto. Isto gera uma diferença de potencial (queda de tensão) entre os terminais do interruptor, correspondente ao valor da resistência. Em consequência, a tensão da fonte que seria normalmente aplicada à lâmpada é reduzida pela queda de tensão provocada pela resistência extra nos contactos do interruptor, o que fará diminuir o brilho da lâmpada.

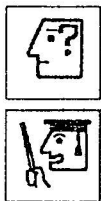


Desta forma, um mau contacto no interruptor ou nos conectores pode ser detectado medindo a queda de tensão no circuito.

- NOTAS -

1. Uma resistência extra no circuito também pode ser detectada medindo a resistência com um multímetro. Contudo, o multímetro não poderá medir valores muito baixos de resistência (0,1 Ω ou menos)
2. Num circuito normal, a queda de tensão devida aos contactos do interruptor ou aos conectores será de 0,2 V ou menos, quando flui uma corrente de 1 A.

3. LOCALIZAÇÃO DE UM CURTO-CIRCUITO

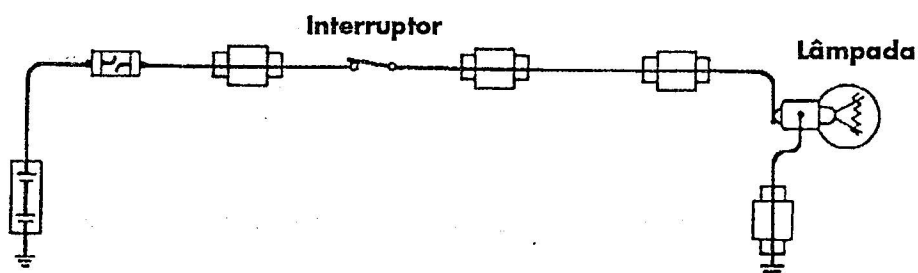


Qual a melhor forma de localizar um curto-circuito ?

A localização de um curto-circuito pode ser feita verificando a continuidade com um multímetro.

EXEMPLO

Que acontece no circuito seguinte, se fundir um fusível ?



Em primeiro lugar, desligue o interruptor, remova o fusível do circuito e desligue os conectores. Em seguida, verifique a continuidade entre os terminais e a massa. Se o circuito não conduzir, está bom. Se conduzir, poderá haver curto-circuito.

