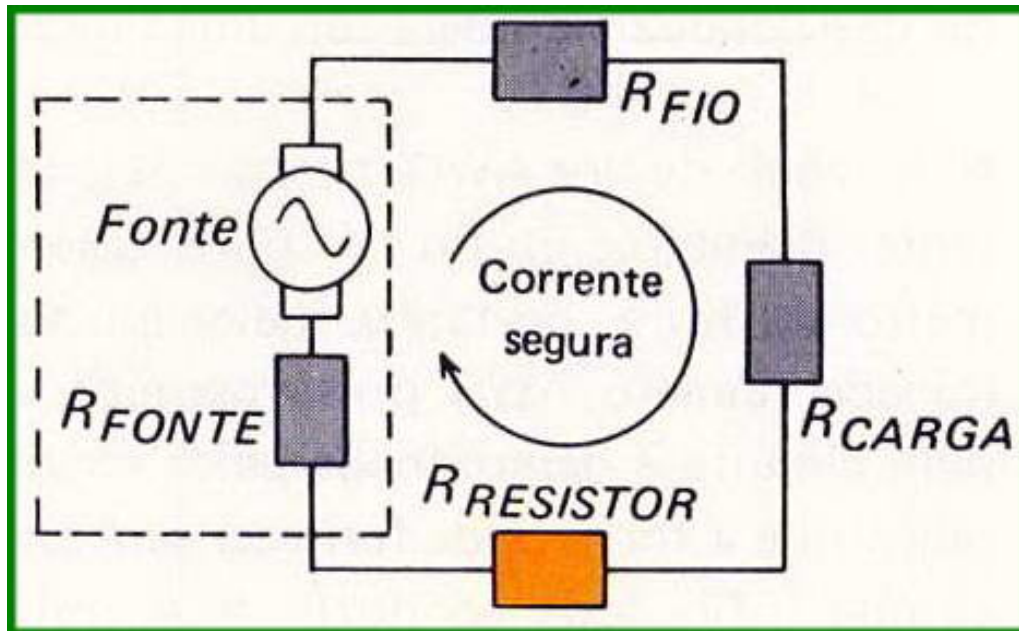


# RESISTORES

Os resistores são provavelmente os componentes mais utilizados em todos os tipos de circuitos eletrônicos, desde pequenos circuitos eletrônicos, como rádios, gravadores, etc. até computadores mais sofisticados.

São muito utilizados para introduzir resistências adicionais em circuitos, de tal forma a reduzir a corrente ou proporcionar queda de tensão em pontos estratégicos.



No circuito em questão, temos a resistência interna da fonte, a resistência da carga e a resistência do fio.

A resistência destinada a atuar no circuito, reduzindo a corrente ou a tensão na carga, está representada na cor laranja ( $R_{\text{RESISTOR}}$ ).

## Utilização dos resistores:

Os resistores devem possuir duas características especiais:

1. resistência nominal
2. potência nominal

A potência nominal está relacionada com a capacidade de dissipação de calor do resistor.

As duas características acima determinam o tamanho do resistor e o tipo de matéria prima que deverá ser utilizada na sua fabricação.

Geralmente os resistores com potência nominal igual ou superior a 5W são fabricados com fio.

Para potências mais baixas normalmente se utiliza o carvão devido ao baixo custo, no entanto, outros materiais podem ser utilizados (ligas especiais), de acordo com a precisão que o mesmo deve ter em relação ao seu valor nominal.



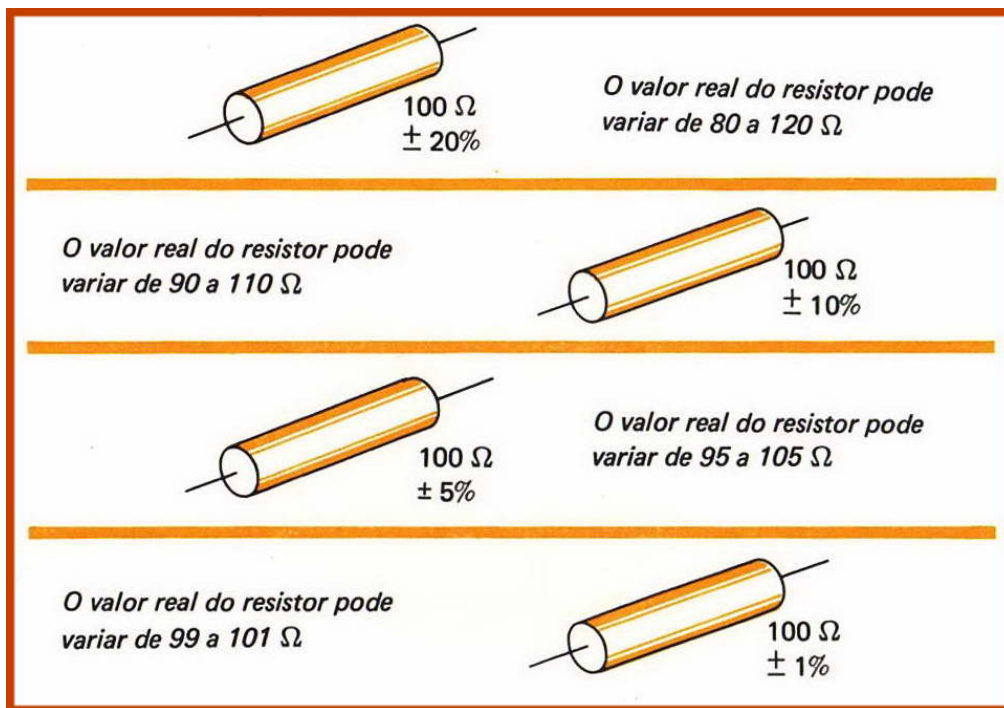
### Tolerância:

Vimos então que uma das características principais do resistor é a quantidade de *ohms* que possui, que denominamos *valor do resistor* (resistência nominal).

O valor do resistor normalmente vem indicado no corpo do resistor, podendo ser impresso ou então na forma de códigos, conforme veremos adiante. O importante é salientar que o valor impresso no corpo do resistor, seja por qualquer modo, é sempre o valor nominal.

O valor real do resistor pode ser um pouco maior ou menor em relação ao seu valor nominal devido as pequenas variações que ocorrem no processo de fabricação e a isto denominamos: *tolerância do resistor*. Essa tolerância vem indicada no corpo do resistor.

A tolerância do resistor tem valores típicos de 20%, 10%, 5% e 1%. A figura abaixo ilustra o conceito de tolerância.

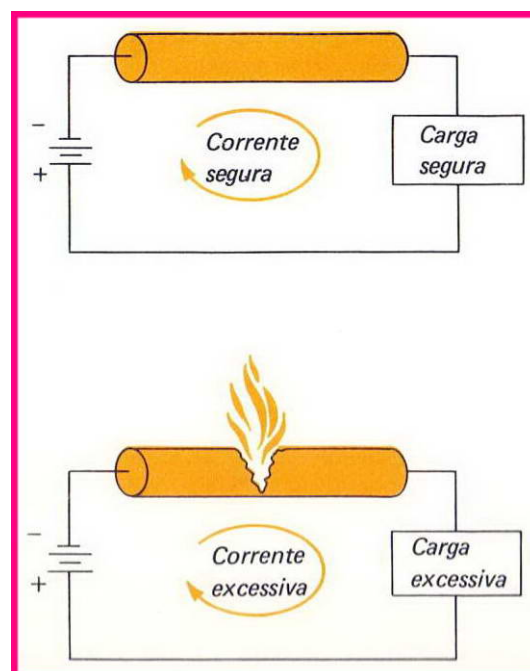


Resistores de precisão normalmente utilizados em equipamentos de laboratórios poderão ter tolerância ainda menor, da ordem de 0,2% a 0,5%. A verdade é que, quanto menor a tolerância, maior o custo.

### Corrente nominal:

Quando circula corrente por um fio ocorre a produção de calor, devido a resistência do fio. Quanto maior a resistência, maior será o calor produzido.

Num resistor a resistência concentra-se em uma área pequena e portanto, o calor gerado pela corrente concentra-se também em uma pequena área, podendo provocar um superaquecimento do resistor.



Se esse resistor não for projetado para dissipar determinada quantidade de calor, certamente será danificado.

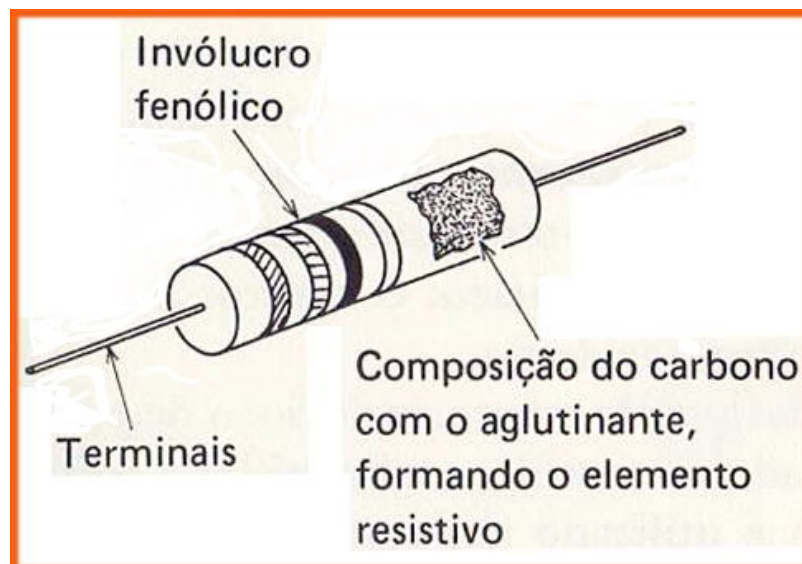
Mesmo que o calor não seja suficiente para danificar o resistor, poderá na maioria das vezes causar uma variação da sua resistência levando-se em conta o coeficiente de temperatura do material com o qual é fabricado.

**Concluindo:** todo resistor possui uma corrente nominal máxima, e não deve ser ligado a um circuito cujo corrente exceda esse valor. A corrente nominal de um resistor comumente é determinada pela sua potência nominal, conforme teremos a oportunidade de estudar adiante.

## Tipos de resistores:

### 1. Resistores de carvão:

Quando as características de um resistor a ser utilizado em determinado circuito não forem muito severas, desde que realize sua função a um custo baixo, os resistores de carvão são indicados.



*Vantagens: pequeno, resistente e baixo custo.*

*Desvantagens: aquecimento excessivo em correntes altas, coeficiente de temperatura alto e tolerância grande.*

Os resistores de carvão são construídos para valores de resistência a partir de valores menores do que  $10\Omega$  até valores da ordem de  $10M\Omega$ , com tolerâncias que variam de 5, 10 e 20%.

Emprego: aplicações que não exigem correntes muito altas e que também não exigem tolerâncias muito pequenas.

O tipo mais comum de resistor de carvão consiste basicamente de carvão em pó, aglutinado em um tubo plástico, conforme ilustra a figura acima.

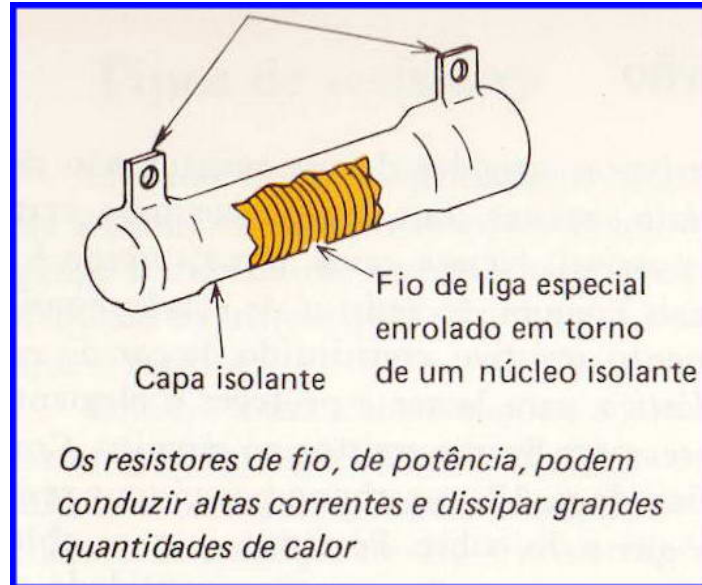
O carvão possui uma resistência cerca de 2.030 vezes maior do que a resistência do cobre.



Devido a isso para se obter uma resistência alta, apenas uma pequena quantidade de carvão é necessária.

## 2. Resistores de fio:

Ao contrário dos resistores de carvão, os resistores de fio são construídos para suportarem correntes altas, podendo dissipar grandes quantidades de calor.



Normalmente são construídos com fio especial enrolados em uma forma cilíndrica isolante, geralmente de porcelana.

Existem dois tipos de fio muito utilizados: um deles é constituído de uma liga especial como a “manganina”, composta de 84% de cobre, 12% de manganês e 4% de níquel, sendo a sua resistividade próxima a  $0,43\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$ , a uma temperatura de  $20^\circ\text{C}$ .

Outro fio largamente utilizado é o “constantan”, composto de 55% de cobre e 44% de níquel e 1% de manganês, cuja resistividade é próxima de  $0,5\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$ .

A grande vantagem do “constantan” é que possui uma curva de variação de temperatura muito linear em um amplo intervalo de temperatura:  $20^\circ\text{C}$  a  $600^\circ\text{C}$ , daí então, se justifica o emprego em aplicações técnicas que demandam temperaturas altas.

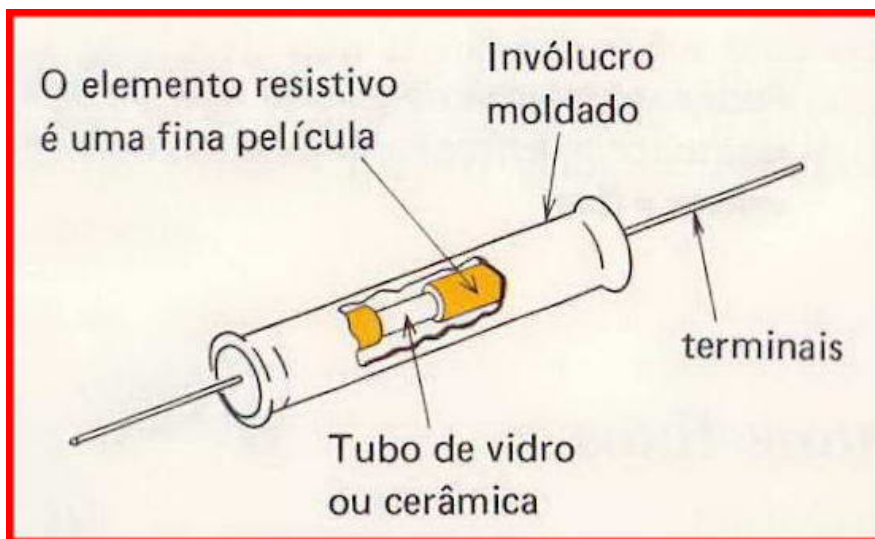
Normalmente nos resistores de fio o valor ôhmico e potência são impressos no corpo do mesmo, onde o símbolo  $\Omega$  que representa o valor ôhmico é substituído na maioria das vezes pela letra R. Por exemplo, um resistor de  $10\Omega$  é a mesma coisa do que 10R.

*Os resistores de fio, de precisão, apresentam pequenas tolerâncias e mantêm a resistência dentro das especificações durante a operação. Essa condição de manter uma pequena tolerância sob todas as condições de operação, é denominada “ESTABILIDADE” do resistor.*

## 3. Resistores de película:

Podem ser considerados como um meio termo entre os resistores de carvão e os resistores de fio de precisão.

Eles apresentam um pouco da precisão e estabilidade do resistor de fio, sendo de tamanho menor, ótima resistência mecânica e menor custo.

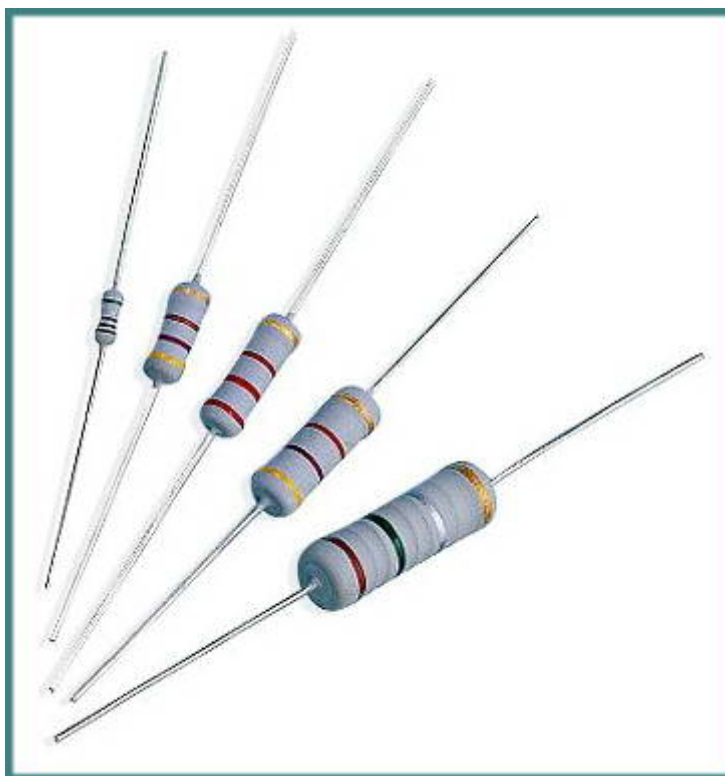


São obtidos normalmente pela deposição através de um processo especial de uma fina película de material resistivo sobre um tubo de vidro, cerâmica ou porcelana (a alumina também é utilizada em alguns casos).

Depois o mesmo é recoberto com um verniz especial cozido, formando assim uma capa isolante que o protege contra a umidade.

Nos resistores de película, a exemplo dos resistores de carvão o valor de sua resistência nominal é impressa através de anéis coloridos.

O seu tamanho determina a capacidade de dissipação de calor (varia de 1/8W até 2W).



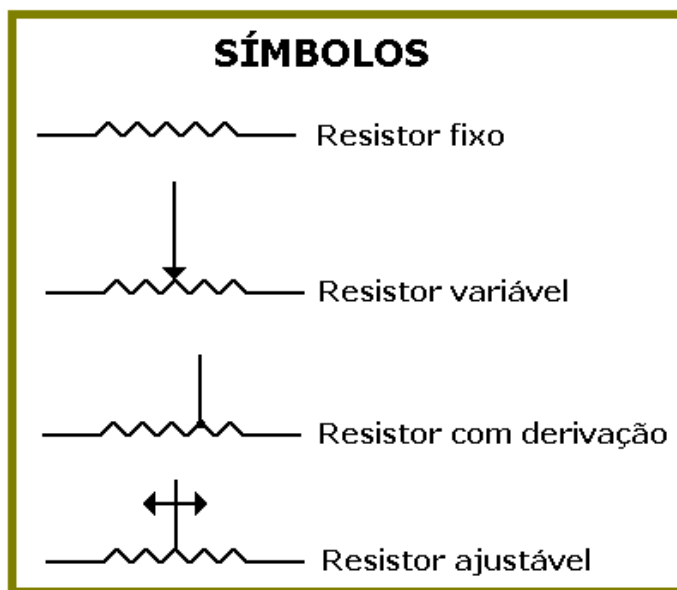
A resistência de um resistor de película é determinada pelo tipo de material usado e a espessura da película. Os resistores mostrados na figura acima são conhecidos como “resistores de metal-film ou filme metálico”.

### Classificação dos resistores:

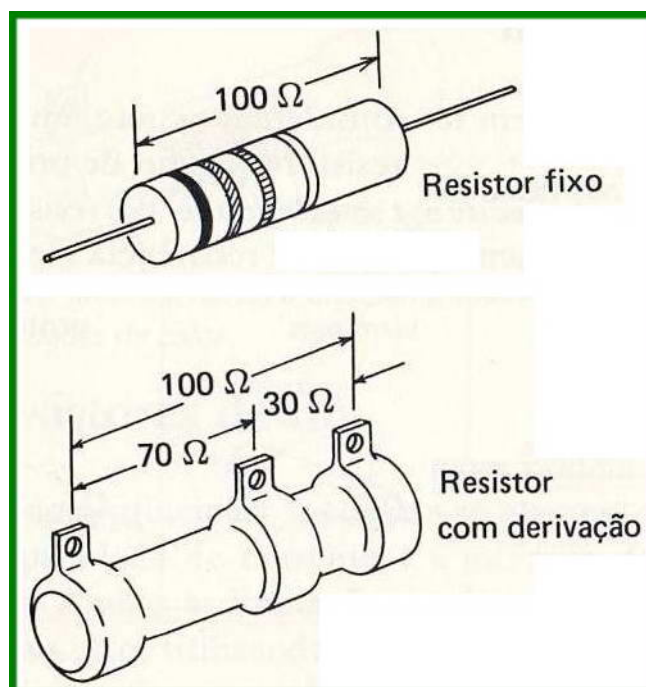
Basicamente os resistores podem ser classificados da seguinte maneira:

*resistores fixos*  
*resistores variáveis*  
*resistores com derivação*  
*resistores ajustáveis*

Veja a seguir a simbologia adotada:

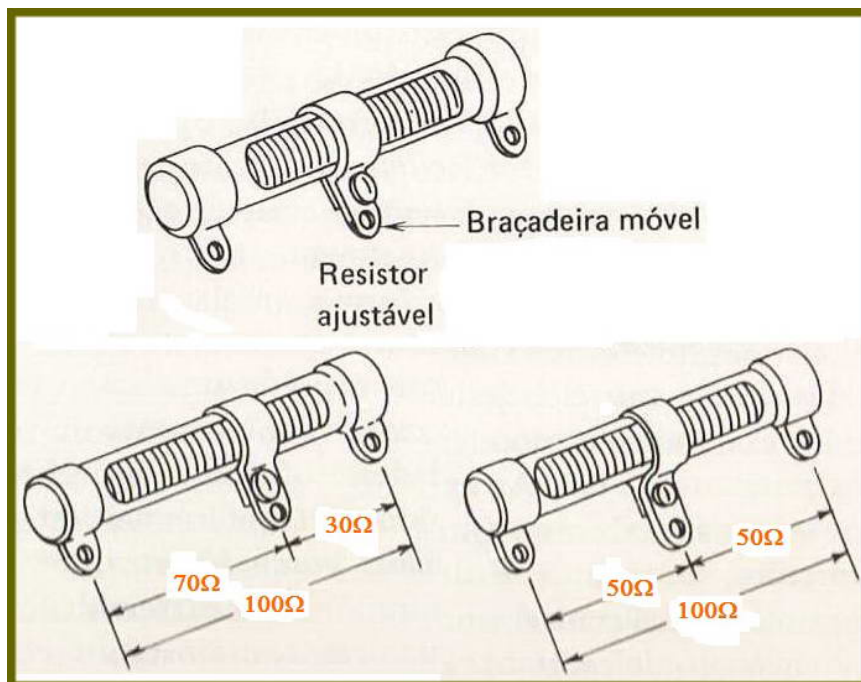


a) Resistor fixo e resistor com derivação:



Quando tratamos de resistores com derivação, pode-se obter mais do que um valor de resistência. Entretanto, cada um desses valores é fixo.

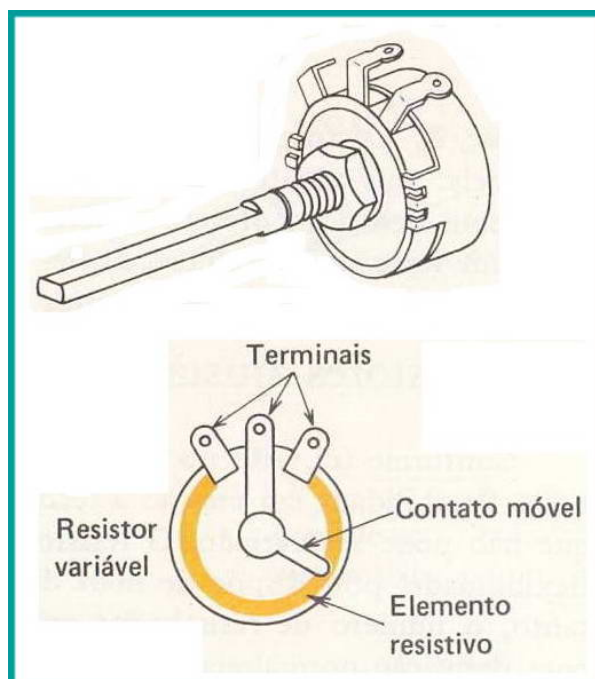
b) *Resistor ajustável:*



No caso do resistor ajustável é possível obter qualquer valor de resistência situado dentro da faixa coberta pelo resistor.

Embora represente uma ampla faixa de valores de resistência, os resistores ajustáveis são construídos de tal forma, que não permitem ajustes frequentes. Normalmente esses ajustes são conhecidos como "ajustes de fábrica" para adaptar as condições de determinados circuitos ao funcionamento ideal (calibração).

c) *Resistor variável:*

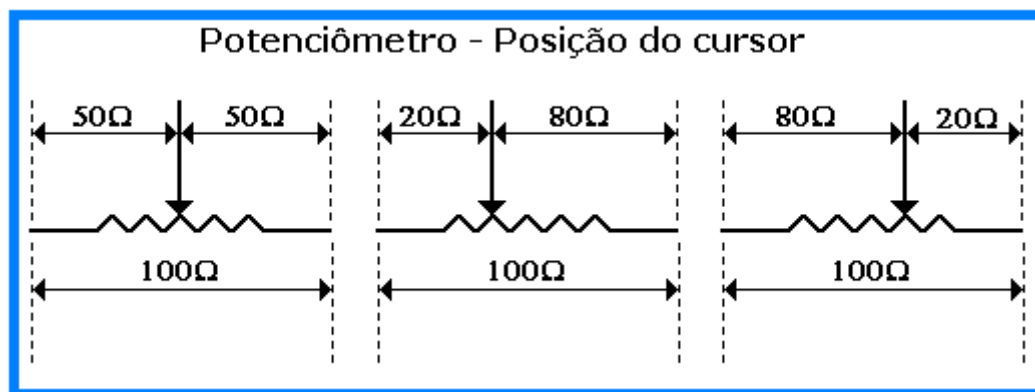




Ao contrário dos resistores ajustáveis, permite o ajuste frequente e com facilidade, como o controle de volume de um rádio, controle de luminosidade, controle de rotação de motores, etc.

O contato móvel é deslocado por um eixo, que permite obter vários valores de resistência em relação ao valor nominal nos extremos do resistor.

Esses resistores são conhecidos também como "potenciômetros" e "trimpots".

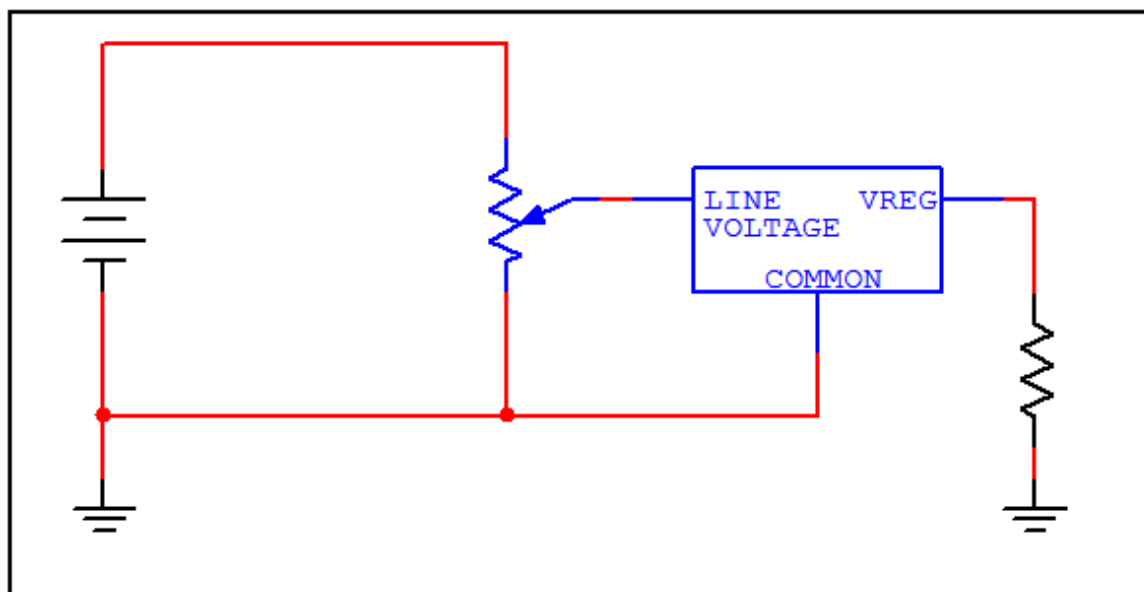


Quando o terminal central (contato móvel) é posicionado exatamente no centro, os valores da resistência entre o contato móvel e as extremidades são iguais.

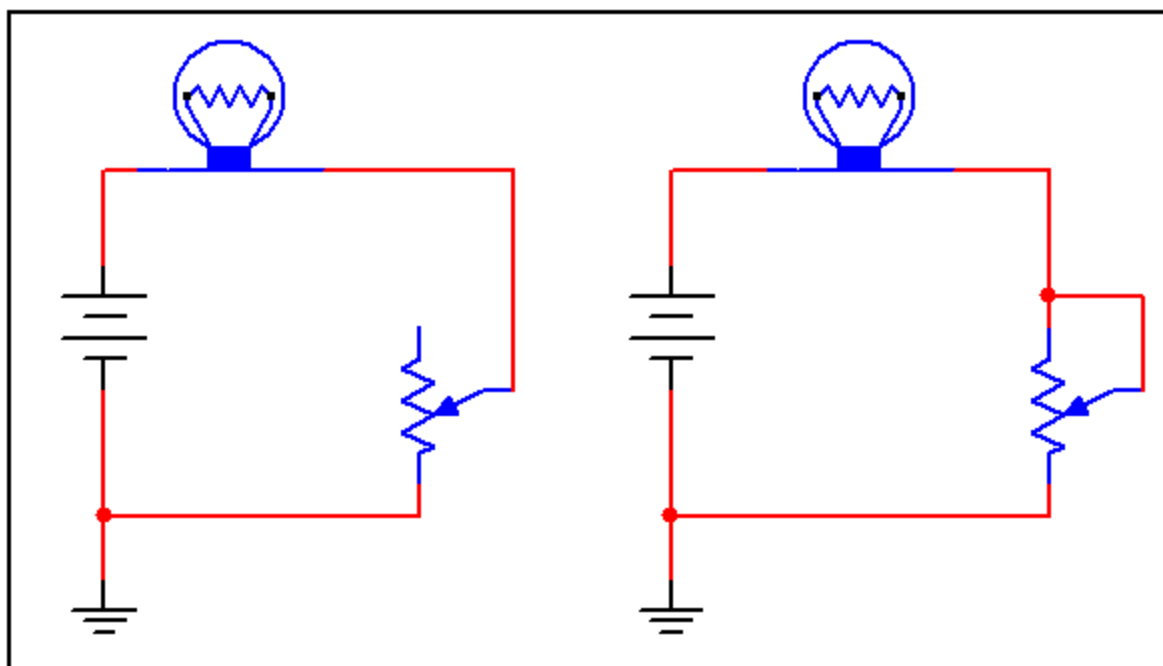
À medida que o contato móvel (eixo) for se deslocando para a esquerda ou direita (sentido anti-horário e sentido horário) a resistência varia, mas não se altera o valor nominal do resistor, pois a variação da resistência ocorrerá somente entre o contato móvel e as extremidades.

A forma como o resistor é ligado ao circuito define se o mesmo está operando como um potenciômetro ou um reostato.

A figura abaixo mostra um resistor variável atuando como um potenciômetro, pois os seus 3 terminais estão sendo utilizados.



Na figura a seguir, o resistor variável atua como um reostato, pois apenas dois dos seus terminais são usados.

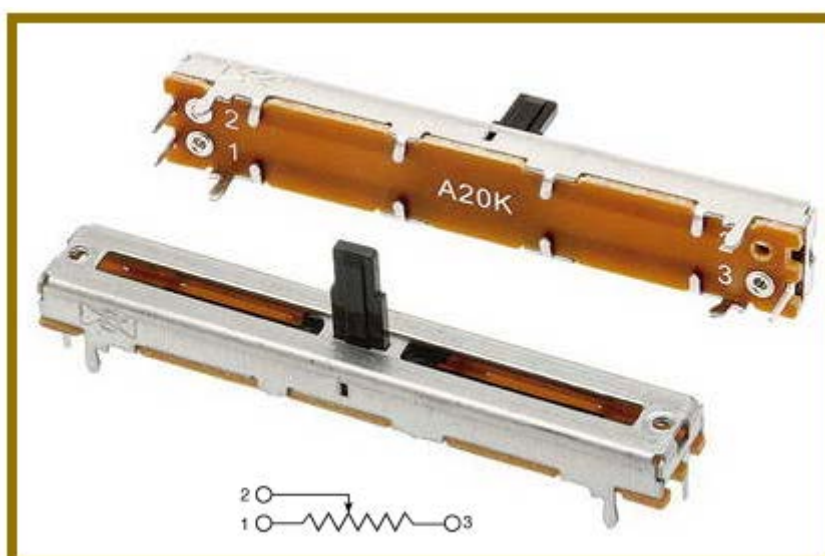


É bom lembrar que os potenciômetros e reostatos são resistores variáveis. A diferença entre eles está na maneira pela qual são utilizados no circuito.

Para concluir, os resistores variáveis consistem de um elemento resistivo na maioria das vezes de formato circular, envolvido por um invólucro de proteção.

Esse elemento resistivo pode variar de acordo com a potência que for requerida pelo circuito. Os elementos resistivos mais usados na fabricação de potenciômetros são o carvão, fio ou película metálica.

A figura a seguir mostra um resistor variável do tipo “deslizante”, muito utilizado em equipamentos modernos.

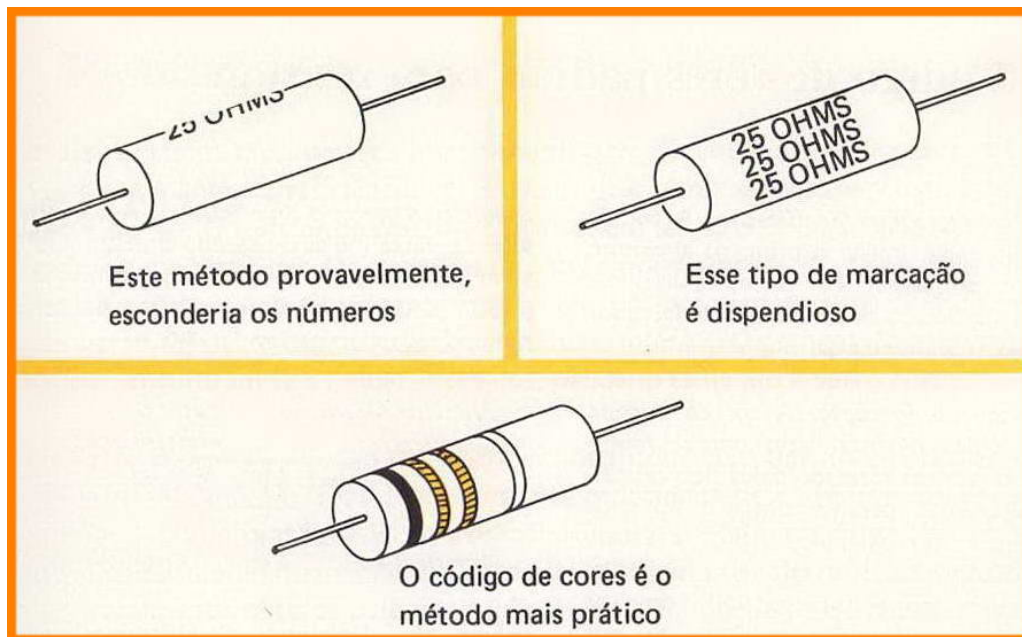


O funcionamento é igual, a não ser que a variação da resistência entre o cursor central e qualquer uma das extremidades se dá pelo deslizamento do cursor e não pela rotação do mesmo. Se apenas dois terminais forem utilizados, o potenciômetro deslizante funcionará também como um reostato.

## Identificação do valor da resistência:

Em se tratando de resistores de carvão ou película metálica, nem sempre é prático marcar o valor da resistência, imprimindo números no corpo do mesmo.

O processo mais utilizado para isso é o uso de anéis coloridos.



## Código de cores padrão para resistores:

Cor	Algarismo Significativo	Fator de Multiplicação	Tolerância
Preto	0	1	—
Marrrom	1	10	—
Vermelho	2	100	—
Laranja	3	1 000	—
Amarelo	4	10 000	—
Verde	5	100 000	—
Azul	6	1 000 000	—
Violeta	7	10 000 000	—
Cinza	8	100 000 000	—
Branco	9	1 000 000 000	—
Dourado	—	0,1	± 5%
Prateado	—	0,01	± 10%
Sem faixa	—	—	± 20%

Exemplos de utilização da tabela:

O valor do resistor é  $470\text{ K} \pm 5\%$

Amarelo 4    Violeta 7    Amarelo 0000    Dourado 5%

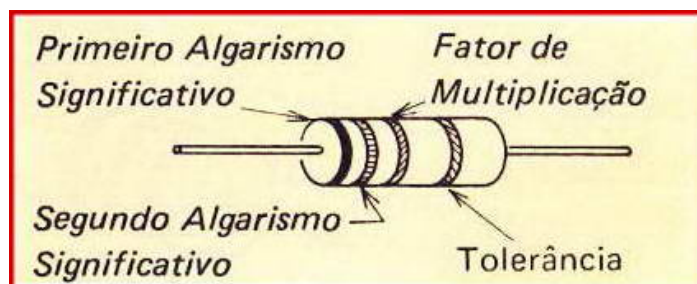
O valor do resistor é  $47\ \Omega \pm 20\%$

Amarelo 4    Violeta 7    Preto (não adicionar zeros)

Sem faixa 20%

A tabela mostrada é um padrão de cores para identificação de resistores. Como exemplo, são mostrados resistores com 4 anéis.

A forma para identificação de resistores com 4 anéis é mostrada na figura abaixo:



Veja a seguir a comparação da identificação de resistores de 4, 5 e 6 anéis.

### A unidade de medida da resistência:



A resistência elétrica tem como unidade de medida o **Ohm**.

O ohm é igual à resistência elétrica que um condutor de mercúrio de 1,063 metros e de 1 milímetro quadrado de secção oferece à passagem da corrente elétrica, num ambiente a zero graus centígrados.

A unidade de medida é representada pela letra grega  $\Omega$  (ômega), e podemos escrever, por exemplo, que um material tem uma resistência de 5  $\Omega$  ou 5 ohms.

Múltiplos mais usados:  $k\Omega$  ( $10^3$ ) = kilo-ohm e  $M\Omega$  ( $10^6$ ) = mega-ohm

Submúltiplos mais usados:  $m\Omega$  ( $10^{-3}$ ) = mili-ohm e  $\mu\Omega$  ( $10^{-6}$ ) = micro-ohm

1  $K\Omega$  = 1 kilo-ohm, ou seja, 1000 ohms

15  $K\Omega$  = 15 kilo-ohms, ou seja, 15.000 ohms

330  $K\Omega$  = 330 kilo-ohms, ou seja, 330.000 ohms

4900  $K\Omega$  ou 4,9  $M\Omega$  = 4.900 kilo-ohms, ou seja, 4.900.000 ohms

3  $M\Omega$  = 3 mega-ohms, ou seja, 3.000.000 ohms

220  $M\Omega$  = 220 mega-ohms, ou seja, 220.000 kilo-ohms ou 220.000.000 ohms

100  $m\Omega$  = 100 mili-ohms, ou seja, 0,1 ohm

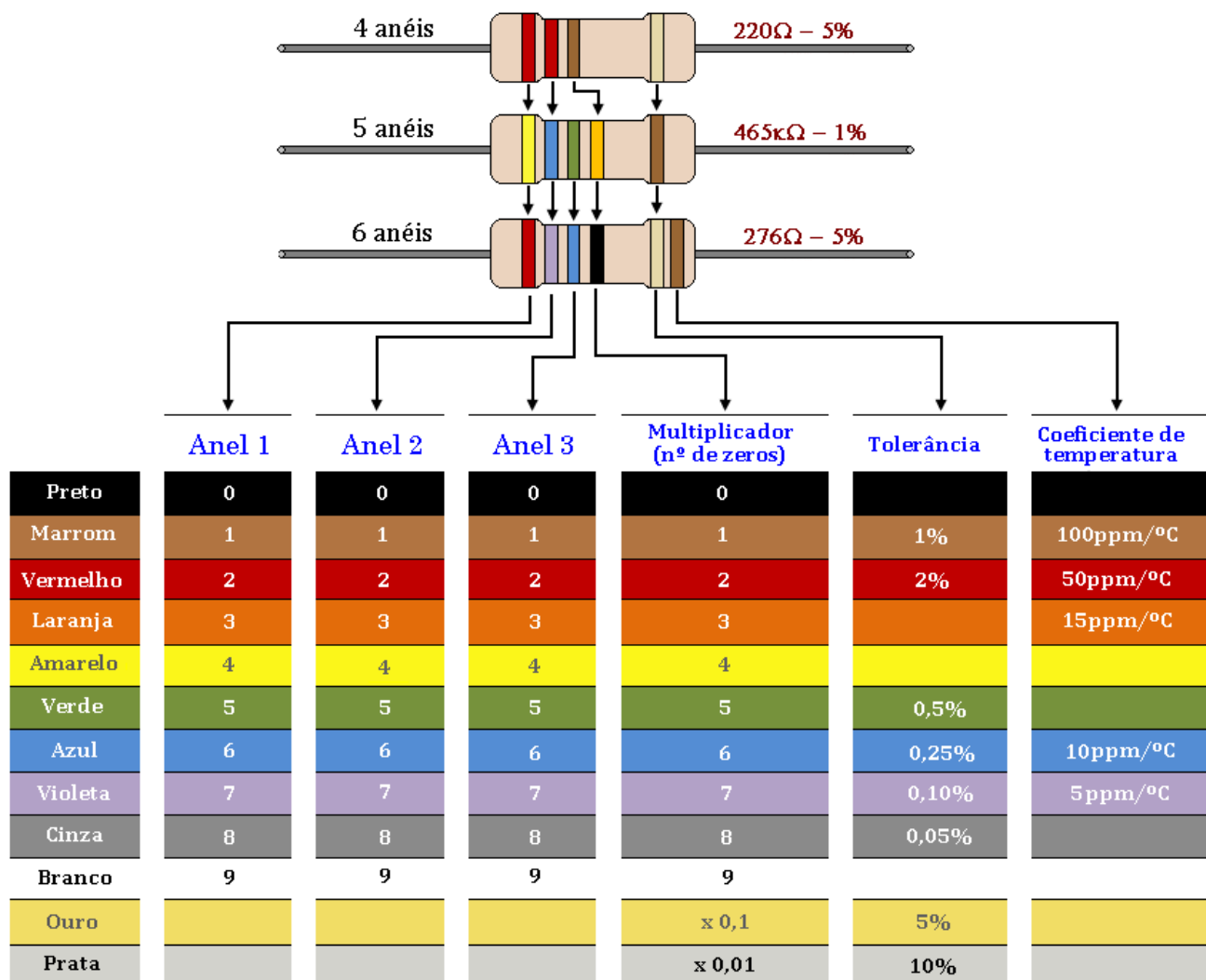
2  $m\Omega$  = 2 mili-ohms, ou seja, 0,002 ohms

10  $\mu\Omega$  = 10 micro-ohms, ou seja, 0,000010 ohms

3  $\mu\Omega$  = 3 micro-ohms, ou seja, 0,000003 ohms

Na prática o que mais se utiliza para mensurar resistores são os múltiplos de 1.000 e de 1.000.000, respectivamente kilo-ohm e mega-ohm.

A figura abaixo ilustra o modo de leitura comparativo de resistores codificados com 4, 5 e 6 anéis.



Os anéis de cor ouro ou prata podem ser utilizados não só para indicar a tolerância, mas também como fator multiplicativo (quantidade de zeros).

**1 - Considerando um resistor de 4 anéis assim identificados:**

- 1º anel = marrom
- 2º anel = vermelho
- 3º anel = ouro
- 4º anel = ouro

**Sua resistência será de 1,2Ω com 5% de tolerância**

**2 - Considerando um resistor de 5 anéis assim identificados:**

- 1º anel = vermelho
- 2º anel = amarelo
- 3º anel = azul
- 4º anel = prata
- 5º anel = vermelho

**Sua resistência será de 2,46Ω com 2% de tolerância**



## **Coefficiente de temperatura:**

O valor da resistência de um resistor depende de sua dimensão, secção transversal e principalmente do material com o qual é fabricado.

Um dos fatores que mais influi na estabilidade de um resistor é a temperatura, pois sabemos que muitos materiais têm a sua resistividade alterada sob a influência da temperatura.

Quando o resistor faz parte de circuitos de alta precisão, a sua estabilidade em relação à temperatura é fundamental.

Os resistores de precisão normalmente são identificados com 5 anéis e quando os mesmos são identificados com 6 anéis, este último é o coeficiente de temperatura.

O coeficiente de temperatura é dado em ppm/°C, ou seja, parte por milhão por grau centígrado (celsius).

Mas, o que significa isso?

Quando lemos no 6º anel de um resistor de precisão uma leitura de 50ppm/°C significa que se tivermos um resistor de  $1M\Omega$ , a cada variação de 1 grau centígrado a sua resistência não variará mais do que  $50\Omega$ , ou então  $0,05\Omega$  considerando 1 resistor de  $1k\Omega$ .

Esse coeficiente de temperatura é típico para resistores de filme metálico.

Os resistores de filme de carbono possuem um coeficiente de temperatura da ordem de 200 a 500ppm/°C.

Conclui-se portanto, que quando menor for o coeficiente de temperatura mais estável é o resistor em relação à variação da temperatura.