

# Transistor bipolar

## Nesta seção...

- Conceito ◀
- Estrutura básica ◀
- Tipos de transistores ◀
- Terminais do transistor ◀
- Simbologia ◀
- Aspecto real dos transistores ◀
- Teste de transistores ◀
- Defeitos comuns nos transistores ◀
- Tensões nos terminais do transistor ◀
- Junções do transistor e polaridade das tensões nos terminais ◀
- Polarização simultânea das junções ◀
- Princípio de funcionamento do transistor bipolar ◀
- Ganho de corrente do transistor ◀
- Configurações de ligação do transistor ◀
- Curvas características de um transistor ◀





## Conceito

O transistor bipolar é um componente constituído por materiais semicondutores, capaz de atuar como controlador da corrente, o que possibilita o seu uso como amplificador de sinais ou como “interruptor eletrônico”.

Em qualquer uma das duas funções, o transistor encontra ampla aplicação:

- amplificador de sinais  $\Rightarrow$  equipamentos de som e imagem e controles industriais;
- interruptor eletrônico  $\Rightarrow$  controles industriais e computadores eletrônicos.

O transistor bipolar proporcionou um grande desenvolvimento à eletrônica, devido à sua versatilidade de aplicação, constituindo-se em elemento chave de grande parte dos equipamentos eletrônicos.

## Estrutura básica

A estrutura básica do transistor se compõe de duas pastilhas de material semicondutor, de mesmo tipo, entre as quais é colocada uma terceira pastilha, bastante mais fina, de material semicondutor com tipo diferente de dopagem, formando uma configuração semelhante a um sanduíche. (Fig. 1)

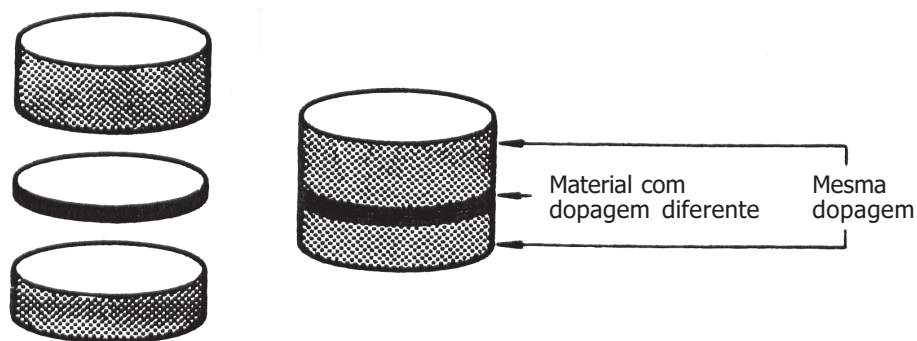


Fig. 1

## Tipos de transistores

A configuração de estrutura em forma de sanduíche permite que se obtenham dois tipos distintos de transistores:

- um, com pastilhas externas de material N e pastilha central de material P. (Fig. 2)

Este tipo de transistor é denominado de *transistor bipolar NPN*.

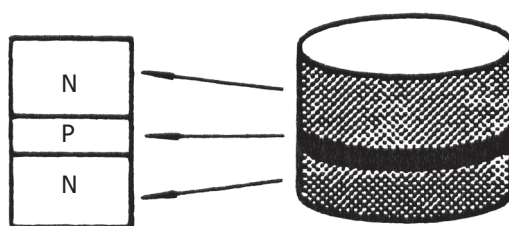


Fig. 2

– outro, com pastilhas externas de material P e pastilha central de material N, denominado de *transistor bipolar PNP*. (Fig. 3)

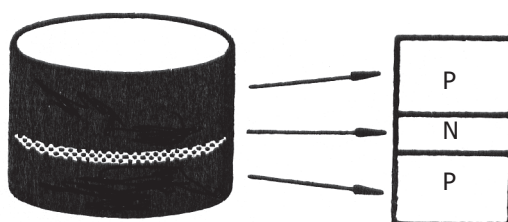


Fig. 3

Os dois tipos de transistores podem cumprir as mesmas funções, diferindo apenas na forma como as fontes de alimentação são ligadas ao circuito eletrônico.



## Terminais do transistor

Cada uma das pastilhas formadoras do transistor é conectada a um terminal que permite a interligação da estrutura do componente aos circuitos eletrônicos. (Fig.4)

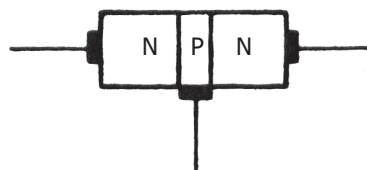


Fig. 4

Os terminais recebem uma designação que permite identificar cada uma das pastilhas:

- a pastilha central é denominada de *base*, representada pela letra B;
- uma das pastilhas externas é denominada de *coletor*, representada pela letra C;
- a outra pastilha externa é denominada de *emissor*, representada pela letra E.

A figura 5 apresenta os dois tipos de transistores com a identificação dos terminais.

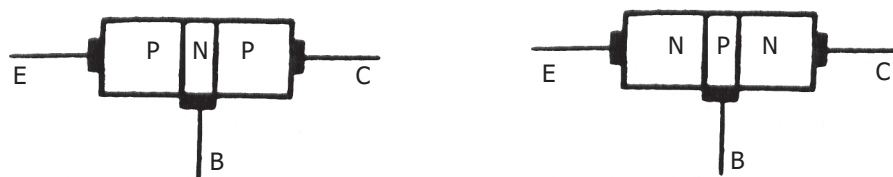


Fig. 5

Embora as pastilhas do coletor e do emissor sejam do mesmo tipo de material semicondutor, não é possível trocar as ligações de um terminal com o outro nos circuitos eletrônicos porque existe diferença de volume de material semicondutor e de intensidade de dopagem entre as pastilhas.

## Simbologia

A figura 6 apresenta o símbolo dos transistores NPN e PNP, indicando a designação dos terminais.

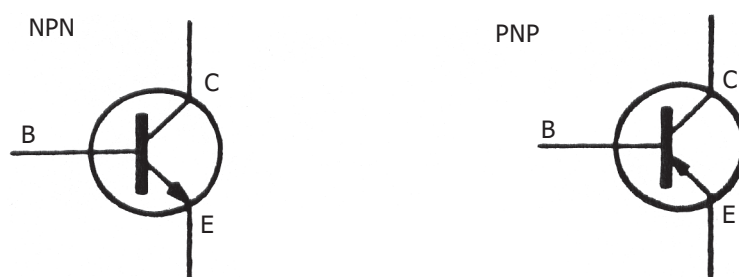


Fig. 6

Observe que a diferença entre os símbolos dos dois transistores é apenas o sentido da seta no terminal “emissor”.

Alguns transistores, fabricados para aplicações específicas, são dotados de blindagem. Essa blindagem consiste em um invólucro metálico ao redor das pastilhas semicondutoras, que tem por finalidade evitar que o funcionamento do transistor seja afetado por campos elétricos ou magnéticos do ambiente.

Esses transistores apresentam um quarto terminal, ligado à blindagem para que esta possa ser ligada ao terra do circuito eletrônico.

O símbolo desses transistores mostra a existência do quarto terminal.(Fig. 7)

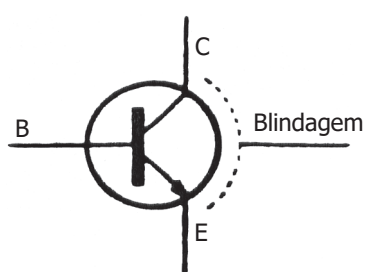


Fig. 7



## Aspecto real dos transistores

Os transistores podem se apresentar nos mais diversos formatos (encapsulamentos), que geralmente variam em função:

- do fabricante;
- da função da montagem;
- do tipo de montagem;
- da capacidade de dissipar calor.

Por essa razão, a identificação dos terminais do transistor deve sempre ser feita com auxílio de um manual de transistores ou folheto técnico específico do fabricante do componente.

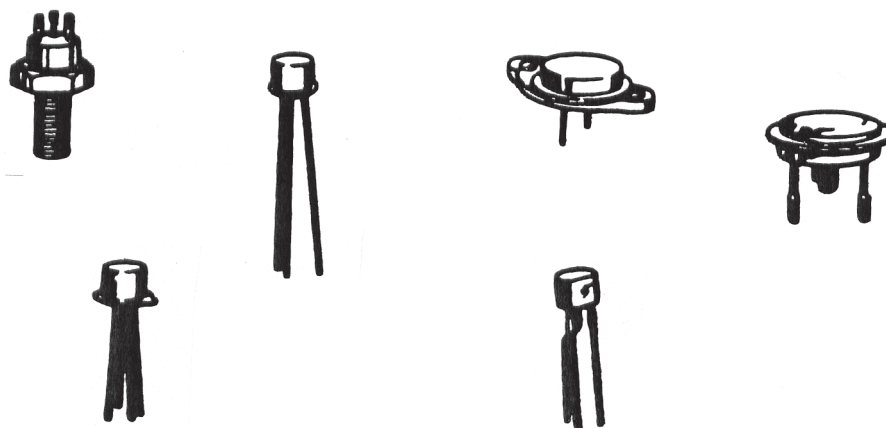


Fig. 8

A figura 8 apresenta alguns tipos construtivos de transistores.

A figura 9, abaixo, é parte de um folheto técnico de um transistor, mostrando a posição dos seus terminais.

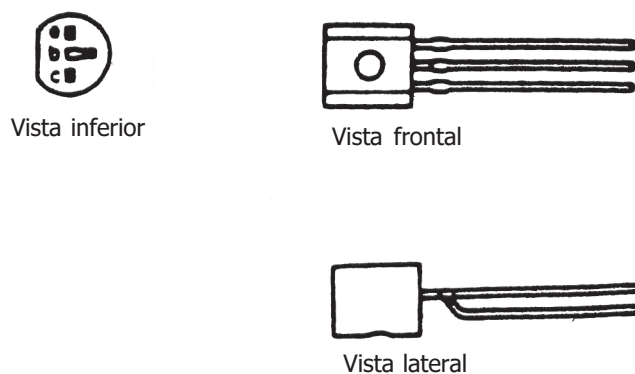


Fig. 9

## Teste de transistores

Existem equipamentos destinados especificamente aos mais diversos testes nos transistores.

Entretanto, pode-se realizar um teste nos transistores usando um multímetro, o que permite detectar os seus defeitos mais comuns.

Da mesma forma que em um diodo, o teste de transistores com multímetro não é definitivo. Um diodo pode não apresentar defeito no teste com multímetro e mesmo assim apresentar mau funcionamento quando operando com tensões elevadas.

O teste com o multímetro detecta apenas os defeitos mais comuns nos transistores e diodos como:

- curto em uma junção PN;
- abertura de uma junção PN.

## Relembrando o teste de diodos

Para testar um diodo com multímetro, primeiro realiza-se a identificação da polaridade real das pontas de prova do multímetro.

Após essa identificação, realiza-se o teste do diodo. (Fig. 10)

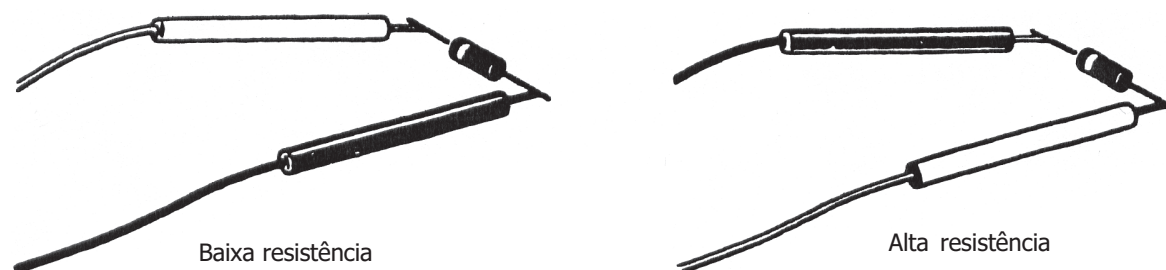


Fig. 10

Se a junção PN (diodo) em teste estiver em curto ou aberta, as leituras indicarão.



**Atenção**

*Uma junção PN em curto ou aberta pode ser detectada usando-se um multímetro.*

## Teste entre os terminais de um transistor

Analisando-se a estrutura do transistor, observa-se que entre a base e o coletor se forma uma junção PN que *para fins de teste* pode ser tratada como um diodo. (Fig. 11)

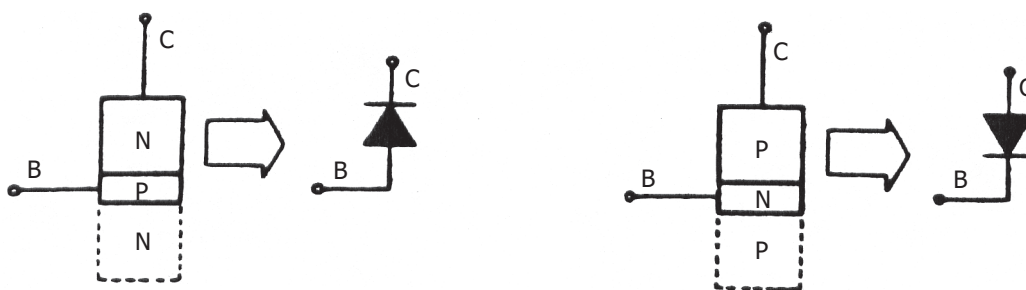


Fig. 11

Da mesma forma, entre a base e emissor forma-se outra junção PN, que *para fins de teste* também pode ser tratada como diodo. (Fig. 12)

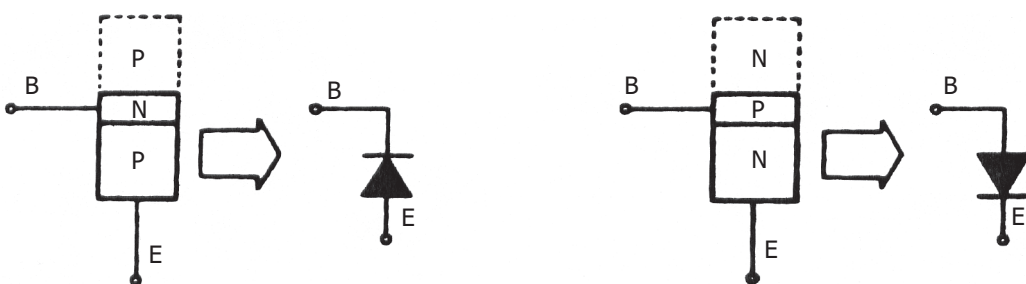


Fig. 12

Dessa forma verifica-se que o transistor, *para fins de teste* com o multímetro, pode ser tratado como dois diodos ligados em oposição. (Fig. 13)

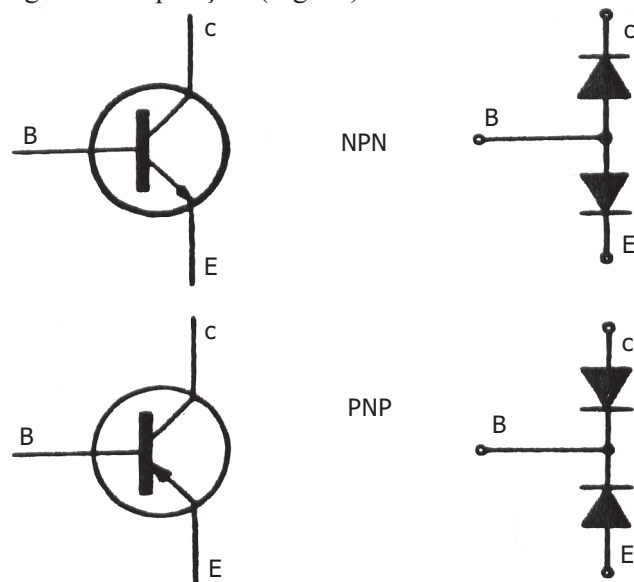


Fig. 13

A partir dessa conclusão, pode-se afirmar que testar um transistor é verificar se existe curto-circuito ou abertura entre cada par de terminais (BC, BE, CE).

## Teste das junções base-coletor e base-emissor

Através desse teste pode-se verificar se há curto-circuito ou abertura das junções PN entre base-emissor e base-coletor.

A polaridade apresentada nas pontas de prova das figuras que seguem corresponde a sua polaridade real (ponta de prova preta → - (sinal negativo); ponta de prova vermelha → + (sinal positivo)).

Tomando como base um transistor NPN para a realização do teste de abertura das junções, temos a situação mostrada na figura 14.

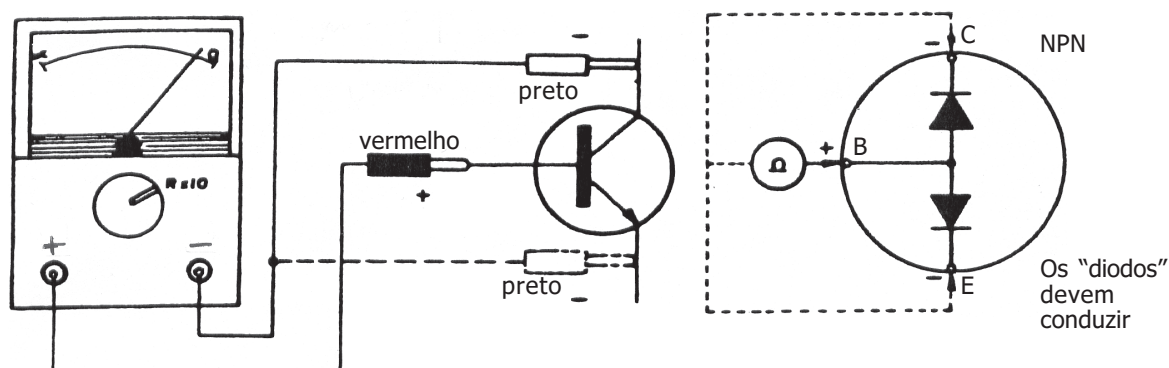


Fig. 14



Com potencial positivo aplicado à base (anodos dos “diodos”), o instrumento deve indicar que existe continuidade entre base-coletor e base-emissor. Pode-se afirmar, então, que não existe junção aberta (BC ou BE).

Se houver uma junção aberta (BC ou BE) o instrumento indicará resistência altíssima (infinita) quando esta junção estiver sendo testada.

Confira agora o teste de curto-circuito nas junções, apresentado na figura 15.

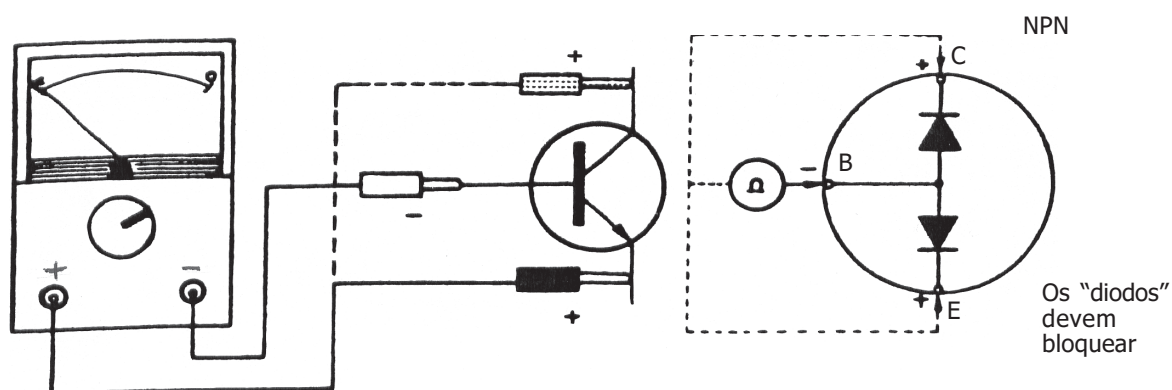


Fig. 15

Observa-se que agora a polaridade aplicada aos “diodos” é tal que deve fazer com que estes se bloqueiem, indicando alta resistência. Se isto ocorrer, será possível afirmar que não existe curto entre base-coletor e base-emissor.

Se houver uma junção em curto, o instrumento indicará *baixa resistência*.

Deve-se ainda proceder a teste entre coletor e emissor do transistor NPN, que deve apresentar *alta resistência* nas duas medições, como mostram as figuras 16 e 17.

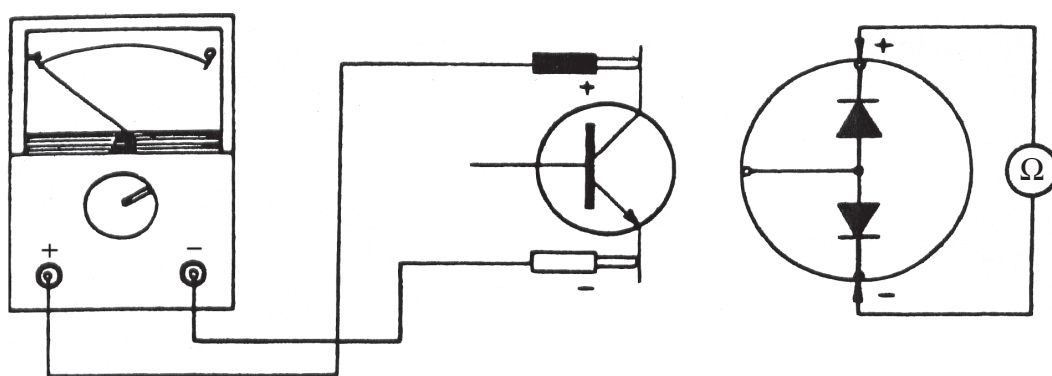


Fig. 16

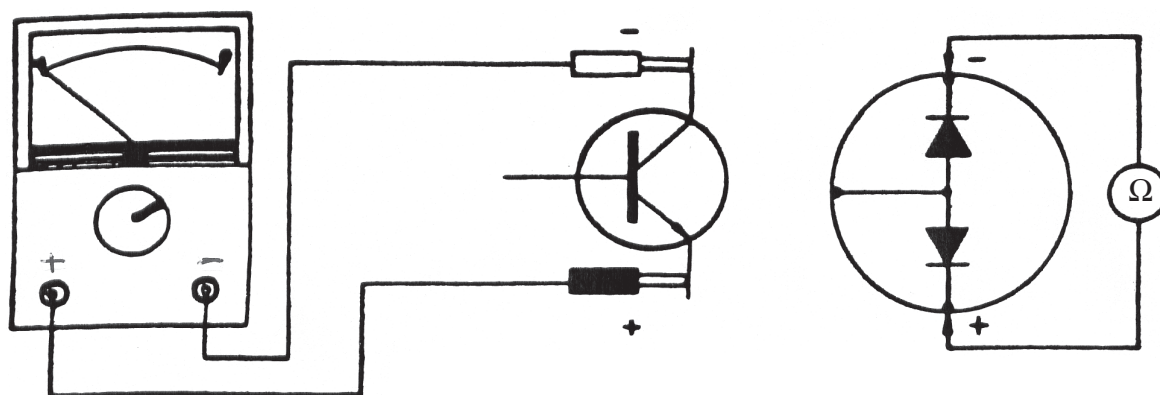


Fig. 17

### Atenção

*Todos os testes devem ser feitos na escala R X 10 e com o transistor desligado de qualquer circuito.*

As figuras 18, 19 e 20 ilustram o teste de um transistor PNP.

## Teste de abertura

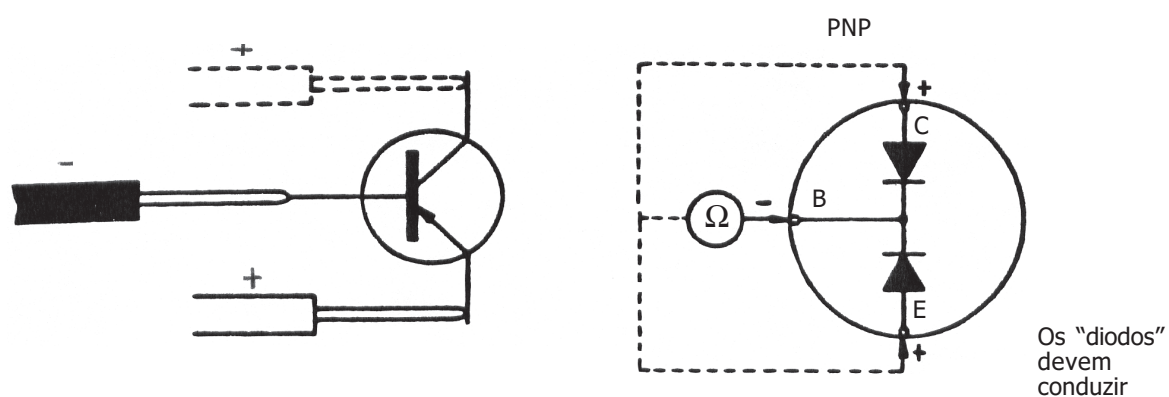


Fig. 18



## Teste de curto-circuito

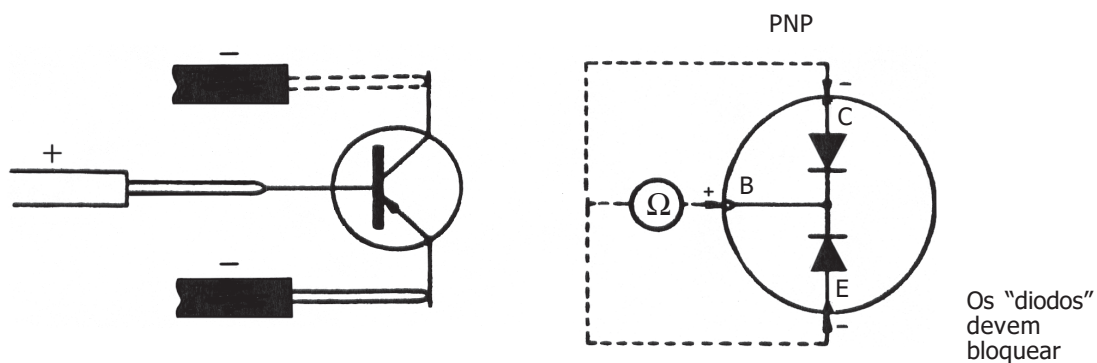
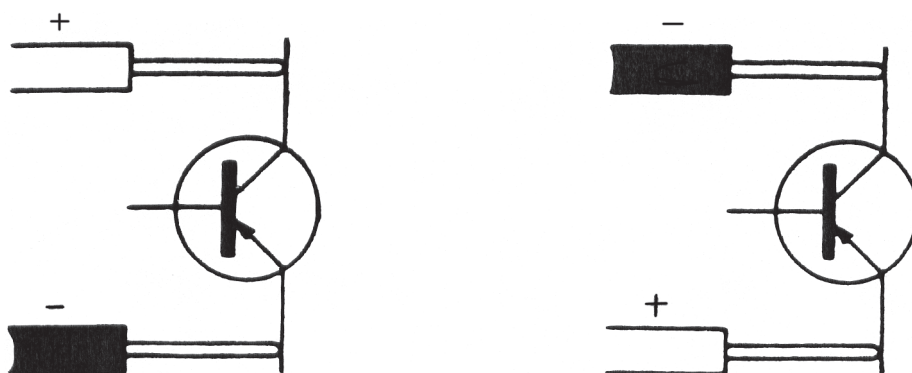


Fig. 19

## Teste de coletor-emissor



Alta resistência nas duas medidas

Fig. 20

### Importante

*Os testes devem ser realizados utilizando as escalas de resistência  $R \times 10$  ou  $R \times 100$  (preferencialmente usa-se a escala  $R \times 10$ ). Não se podem encostar uma na outra as partes metálicas das pontas de prova, pois isso pode provocar erro nos testes.*

## Defeitos comuns nos transistores

As junções base-coletor e base-emissor são diodos. Assim sendo, devem indicar condução em um sentido e bloqueio em outro, quando se invertem as ponteiros do multíteste sobre os terminais do transistor. Se isso não ocorre, há um defeito que deve ser identificado.

Com este teste identificam-se os seguintes defeitos:

### Curto em junção

Se, ao realizar o teste em uma das junções, foi verificada condução nos dois sentidos, a junção está em curto e o transistor está danificado.

A figura 21 ilustra a existência de um curto na junção base-coletor do transistor.

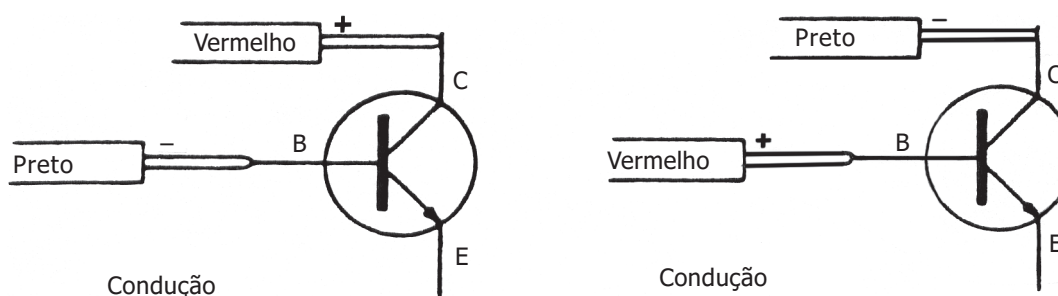


Fig. 21

### Abertura de uma junção

Se, ao realizar teste em uma das junções, se verifica bloqueio nos dois sentidos, houve rompimento na ligação entre as duas pastilhas semicondutoras. Diz-se que a junção em teste está aberta e, neste caso, o transistor está danificado.

A figura 22 mostra os resultados do teste realizado em uma junção base-emissor aberta.

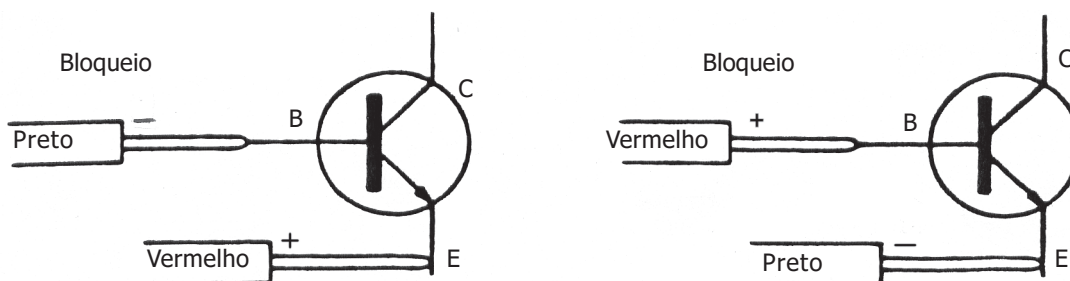


Fig. 22



## Curto ou fuga entre coletor e emissor

Se qualquer uma das medidas entre coletor e emissor provocar um movimento no ponteiro do ohmímetro (em escala X 10), existe fuga ou curto-circuito entre coletor e emissor do transistor.

O teste com o multímetro *não permite detectar alterações de características no transistor*. Isto significa que:

- se o transistor não passar no teste com o multímetro, pode-se garantir que ele está danificado.
- se o transistor passar no teste, ainda há a possibilidade de que existam alterações nas suas características que o tornem impróprio para funcionar em um circuito.

## Tensões nos terminais do transistor

O estudo do princípio de funcionamento do transistor consiste em uma análise do movimento dos elétrons livres e de lacunas no interior do componente, provocados pela aplicação de tensões externas ao coletor, à base e ao emissor.

Para que os portadores se movimentem no interior da estrutura do transistor, é necessário aplicar tensões aos seus terminais. O movimento dos elétrons livres e lacunas está intimamente ligado à polaridade da tensão aplicada a cada um dos terminais do transistor.

Por esta razão, a polaridade da tensão de funcionamento dos terminais do transistor NPN é diferente dos transistores PNP.

## Junções do transistor e polaridade das tensões nos terminais

A estrutura física do transistor propicia a formação de duas junções entre cristais P e N:  
– uma junção PN entre o cristal da base e o cristal do emissor, chamada de junção base–emissor. (Fig. 23)

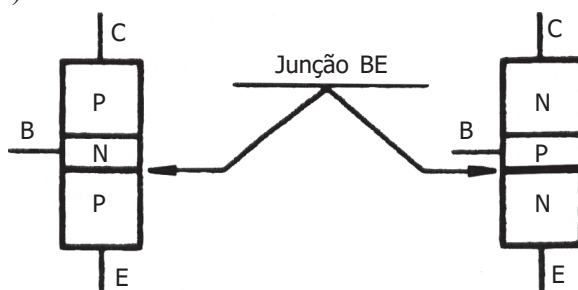


Fig. 23

– uma junção PN entre o cristal de base e o cristal do coletor, chamada de junção base–coletor.  
(Fig. 24)

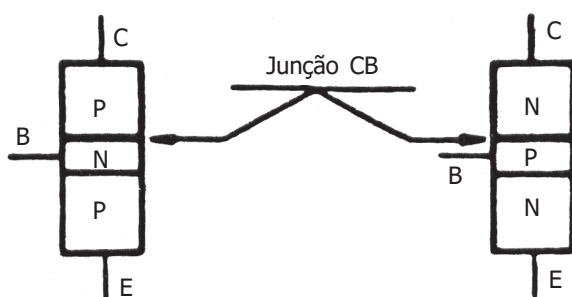


Fig. 24

Ao se unirem as três pastilhas semicondutoras de um transistor, ocorre um processo de difusão dos portadores. Como em um diodo, esse processo de difusão dá origem a uma barreira de potencial em cada junção.

No transistor, portanto, existem duas barreiras de potencial que se formam com a junção dos cristais:

- a barreira de potencial na junção base–emissor.
- a barreira de potencial na junção base–coletor.

As figuras 25 e 26 mostram as barreiras de potencial nos dois tipos de transistor.

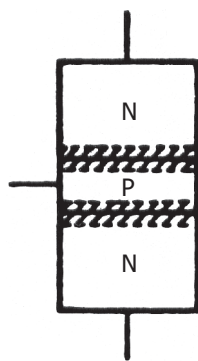


Fig. 25

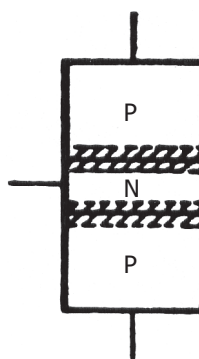


Fig. 26

## Junção base–emissor

Na condição de funcionamento, denominada de *funcionamento na região ativa*, a junção base–emissor é polarizada diretamente.

A condução da junção base–emissor é provocada pela aplicação de tensão externa entre base e emissor, com polaridade correta (tensão positiva no material P e negativa no material N).





As figuras 27 e 28 mostram a polaridade das tensões de base e de emissor em cada tipo de transistor.

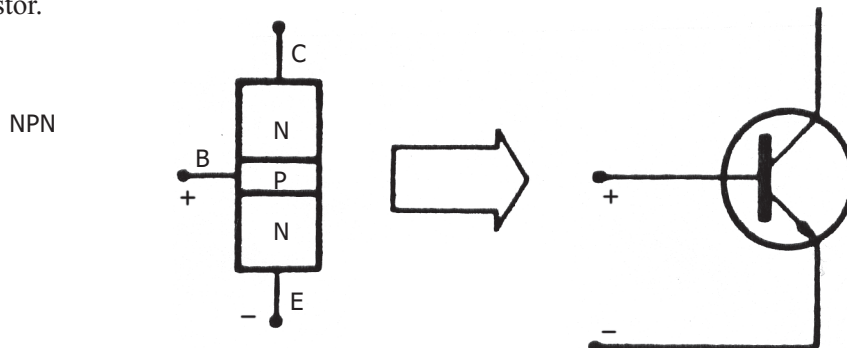


Fig. 27

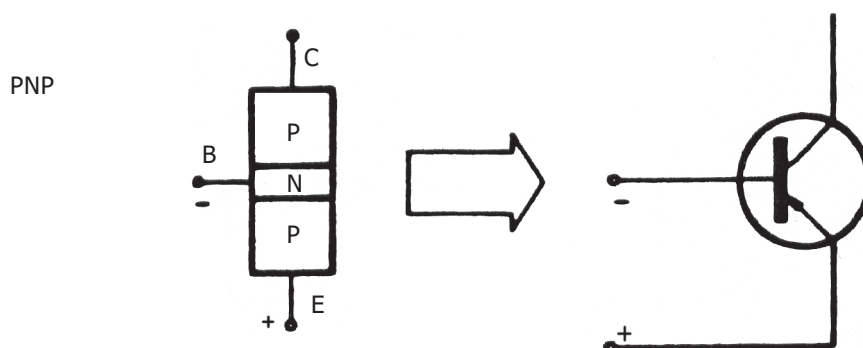


Fig. 28

## Junção base-coletor

*Na região de funcionamento ativo, a junção base-coletor é polarizada inversamente.*

O bloqueio da função base-coletor é provocado pela aplicação de tensão externa entre base-coletor, com polaridade adequada (tensão positiva no material N e negativa no material P).

As figuras 29 e 30 mostram a polaridade das tensões de coletor em relação à base em cada tipo de transistor.

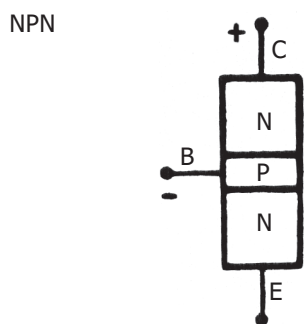


Fig. 29

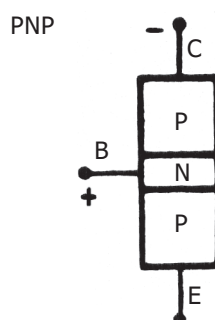


Fig. 30

## Polarização simultânea das junções

Para que o transistor funcione corretamente, as duas junções devem ser polarizadas ao mesmo tempo. Isto pode ser feito aplicando duas tensões externas entre os terminais do transistor. (Figs. 31 e 32)

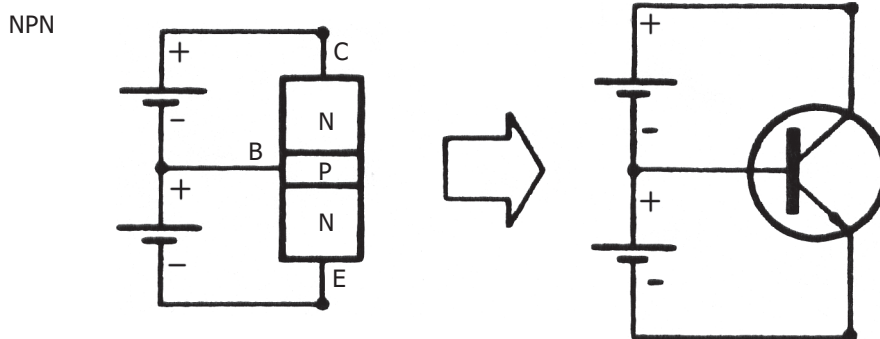


Fig. 31

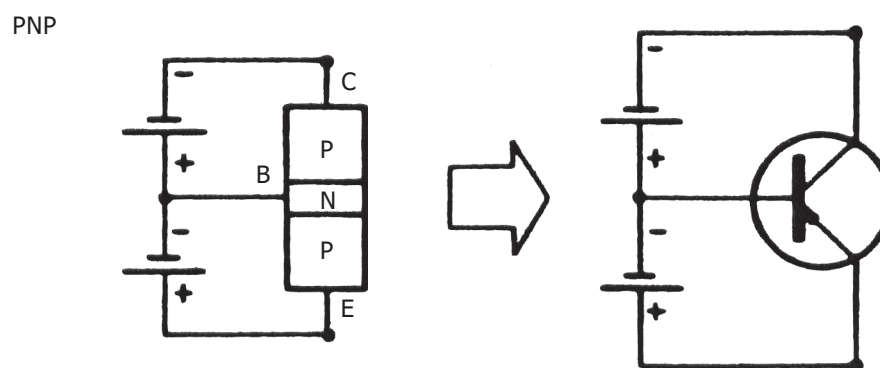


Fig. 32

### Observação

*As baterias representam as tensões de polarização.*

Pode-se, ainda, obter a polarização correta das junções com outra configuração de ligação das baterias.

A figura 33 mostra a forma alternativa de polarização, tomando o transistor NPN como exemplo.

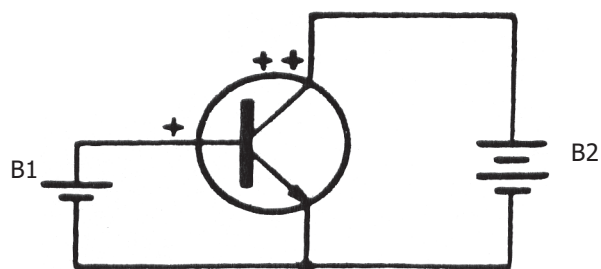


Fig. 33

Analisando a figura observa-se que:

- a bateria B1 polariza a junção base–emissor do transistor diretamente.
- a bateria B2 aplica uma tensão positiva ao coletor, maior que a tensão positiva da base.

Se o coletor é mais positivo que a base, então esta é mais negativa que aquele, de forma que a junção base–coletor fica polarizada inversamente. (Fig. 34)

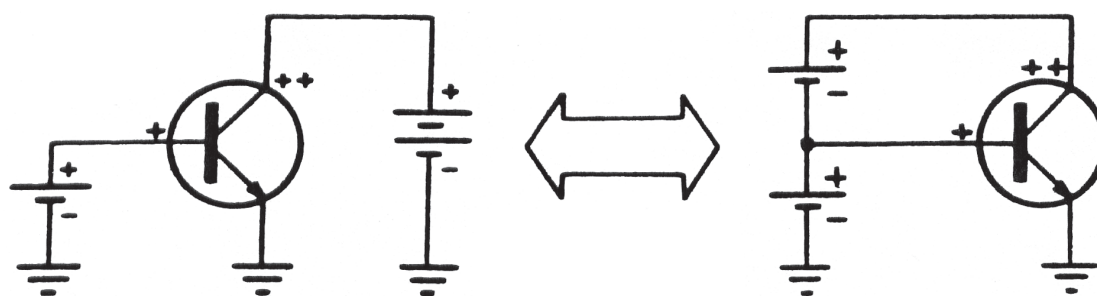


Fig. 34

### Atenção

*Transistor → região ativa*

- a junção base–emissor deve ser polarizada diretamente.
- a junção base–coletor deve ser polarizada inversamente.

A alimentação simultânea das duas junções, através das baterias externas, dá origem a três tensões entre os terminais do transistor. Observe:

- tensão de base a emissor (denominada de  $V_{BE}$ ). (Fig. 35)

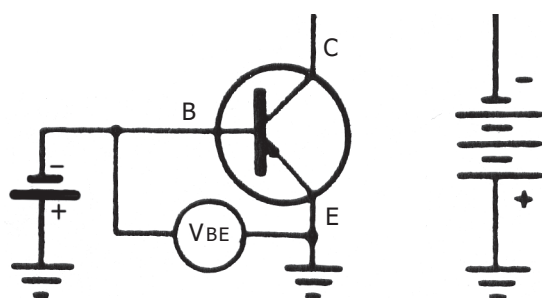


Fig. 35

- tensão de coletor a base (denominada de  $V_{CB}$ ). (Fig. 36)

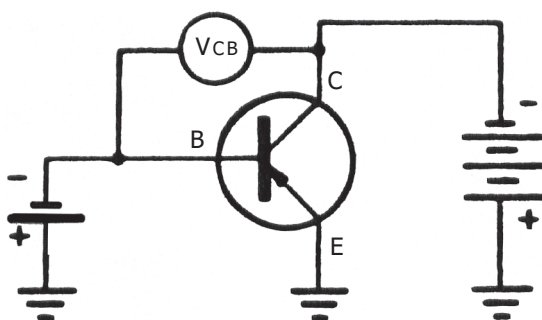


Fig. 36

- tensão de coletor a emissor (denominada de  $V_{CE}$ ). (Fig. 37)

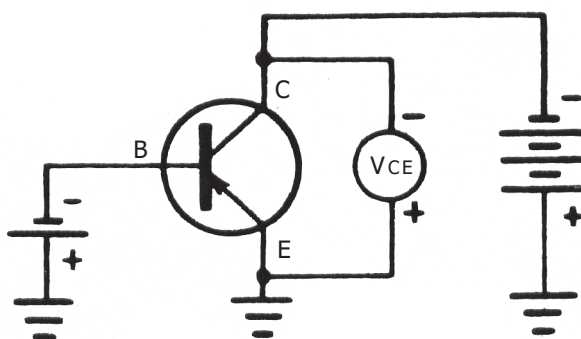


Fig. 37



Dispondo as três tensões em uma mesma figura, observa-se que as tensões  $V_{BE} + V_{CB}$ , somadas, são iguais a  $V_{CE}$ . (Fig. 38)

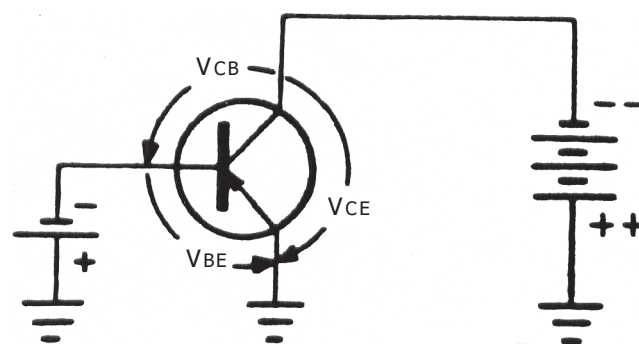


Fig. 38

$$V_{CE} = V_{BE} + V_{CB}$$

Para o transistor NPN a regra também é válida, invertendo-se apenas a polaridade das baterias de polarização. (Fig. 39)

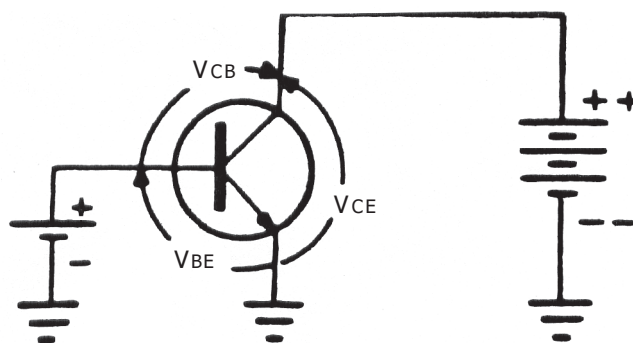


Fig. 39

$$V_{CE} = V_{BE} + V_{CB}$$

## Princípio de funcionamento do transistor bipolar

A aplicação de tensões externas ao transistor provoca o movimento dos elétrons livres e lacunas no interior da estrutura cristalina.

O movimento dos portadores livres dá origem a três correntes que circulam nos três terminais do transistor. (Fig. 40)

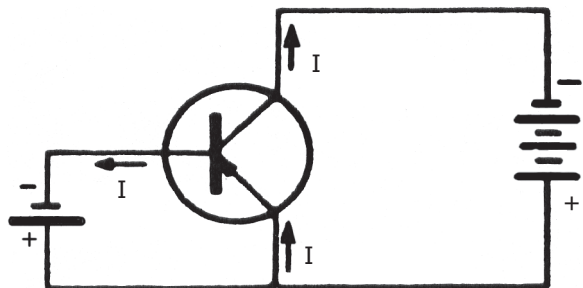


Fig. 40

A corrente do terminal *emissor* é denominada de *corrente emissor* (representada pela notação  $I_E$ ); a do terminal *base*, de *corrente de base* ( $I_B$ ) e a do terminal *coletor*, de *corrente de coletor* ( $I_C$ ). Por convenção, toda corrente que entra no transistor é positiva; a corrente que sai é negativa.

As figuras 41 e 42 mostram os dois tipos de transistor com suas correntes.

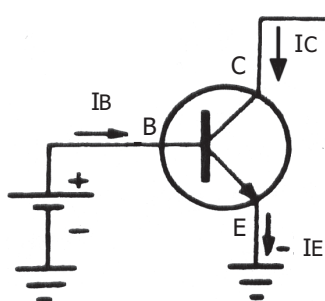


Fig. 41

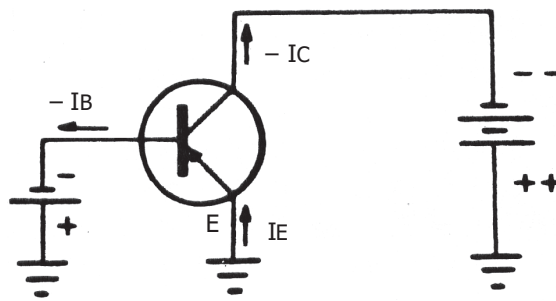


Fig. 42

O princípio básico de funcionamento, que explica a origem das correntes no transistor, é o mesmo para os transistores NPN e PNP.

Por esta razão usa-se estudar o princípio de funcionamento apenas de um tipo. O comportamento do tipo não analisado é semelhante, diferindo apenas na polaridade das baterias e no sentido das correntes.

## Corrente de base

A corrente de base é provocada pela tensão aplicada entre a base e o emissor do transistor ( $V_{BE}$ ).

Tomando-se como exemplo o transistor PNP, para analisar o efeito causado pela tensão  $V_{BE}$  tem-se:

- o potencial positivo aplicado ao emissor repele as lacunas do material P em direção à base (Fig. 43)

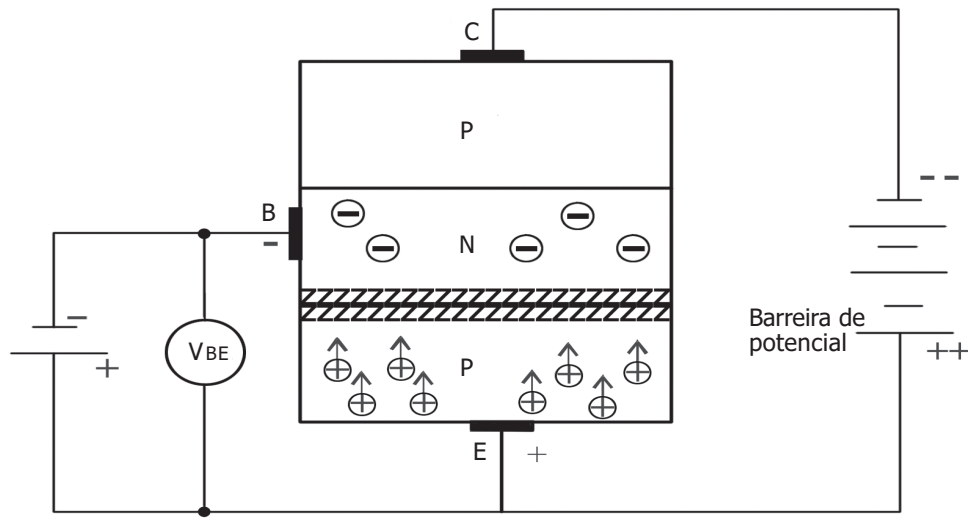


Fig. 43

Se a tensão  $V_{BE}$  tiver um valor adequado (0,6 V para o silício e 0,3 V para o germânio), as lacunas adquirem velocidade suficiente para atravessar a barreira de potencial formada na junção base-emissor, recombinando-se com os elétrons livres da base.

Esta recombinação dá origem à corrente de base. (Fig. 44)

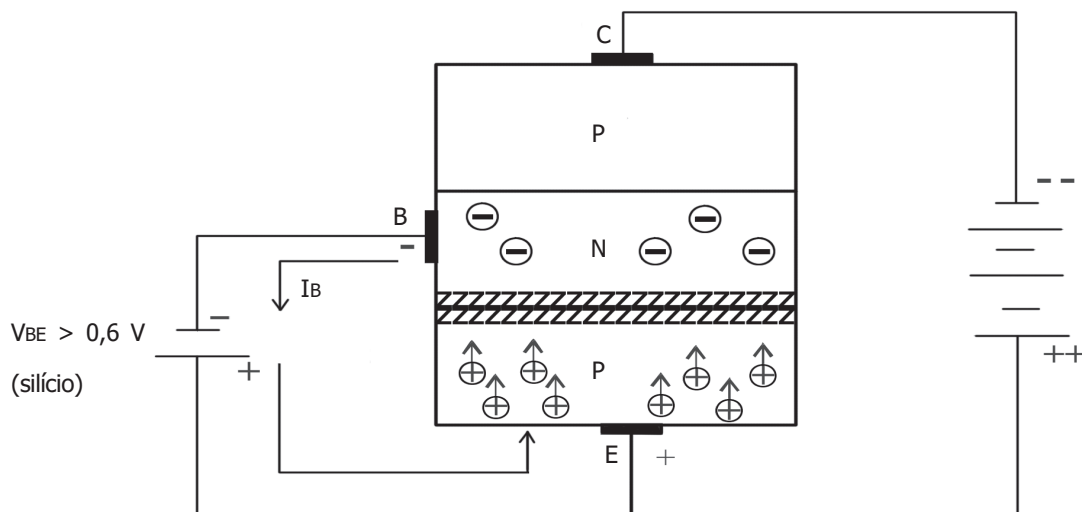


Fig. 44

Devido à pequena espessura da base e também ao seu pequeno grau de dopagem, a recombinação acontece em pequena escala (poucos portadores que provêm do emissor podem se recombinar). Isto faz com que a corrente de base seja pequena, com valores que se situam na faixa de microampères ou miliampères.

Como o emissor é fortemente dopado, um grande número de lacunas se desloca em direção à base, repellido pela tensão positiva do emissor e atraído pela tensão negativa da base.

A base, entretanto, não tem elétrons livres suficientes para recombinar com a maior parte destas lacunas que provêm do emissor.

Assim, um grande número de lacunas atinge a base em grande velocidade e não se recombina, por falta de elétrons livres disponíveis. (Fig. 45)

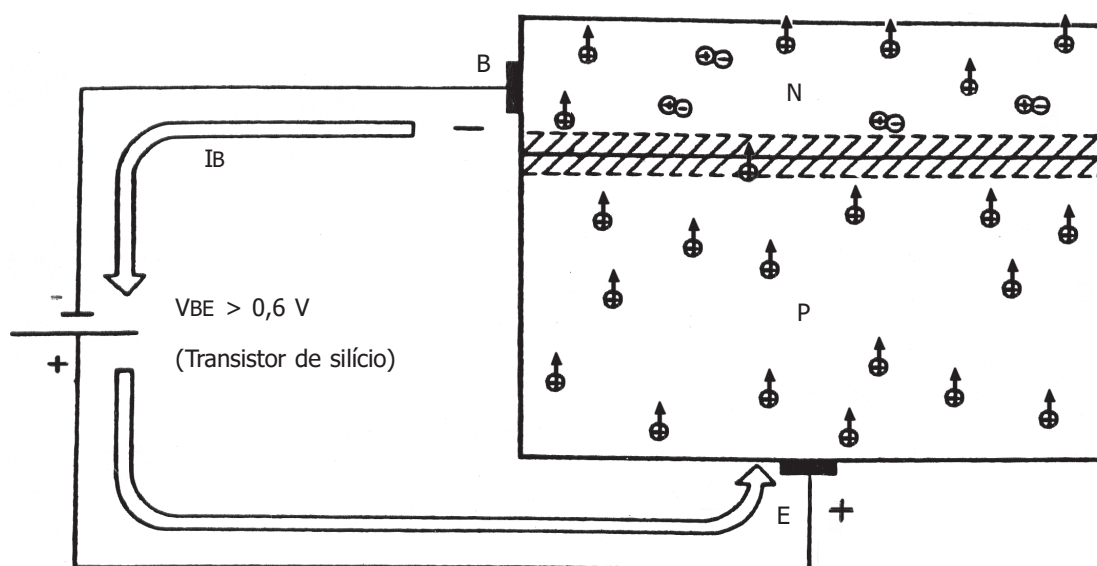


Fig. 45

#### Atenção

*A corrente de base é provocada pela aplicação de um potencial  $V_{BE}$  ao transistor. Essa corrente é muito pequena porque se deve à recombinação de portadores na base.*





## Corrente de coletor

As lacunas provenientes do emissor que não se recombinam caracterizam-se por serem portadores minoritários na base do transistor que é de material N.

A barreira de potencial da junção coletor–base favorece o deslocamento das lacunas para o coletor, onde existe um alto potencial negativo.

As lacunas que atingem o coletor, passando através da junção base–coletor dão origem à *corrente de coletor*. (Fig. 46)

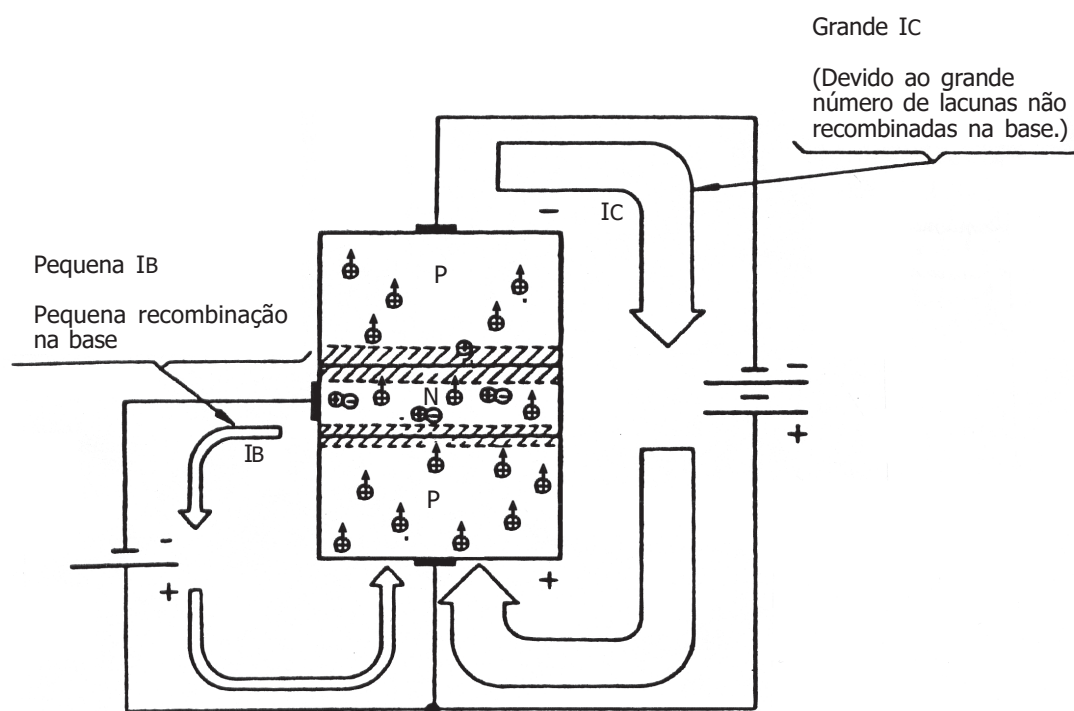
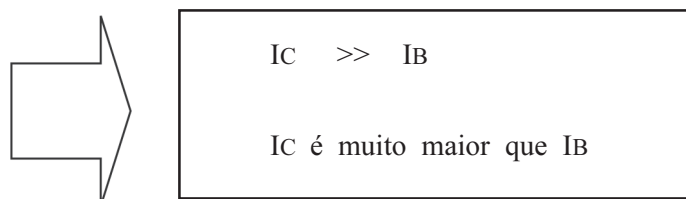


Fig. 46

A corrente de coletor tem valores muito maiores que a corrente de base, porque a grande maioria das lacunas que partem do emissor não se recombinam, sendo absorvidas pelo coletor.



Em geral, do total de lacunas que entra no emissor de um transistor PNP, apenas 5% ou menos correspondem à corrente de base. Os restantes 95% (ou mais) correspondem à corrente de coletor. (Fig. 47)

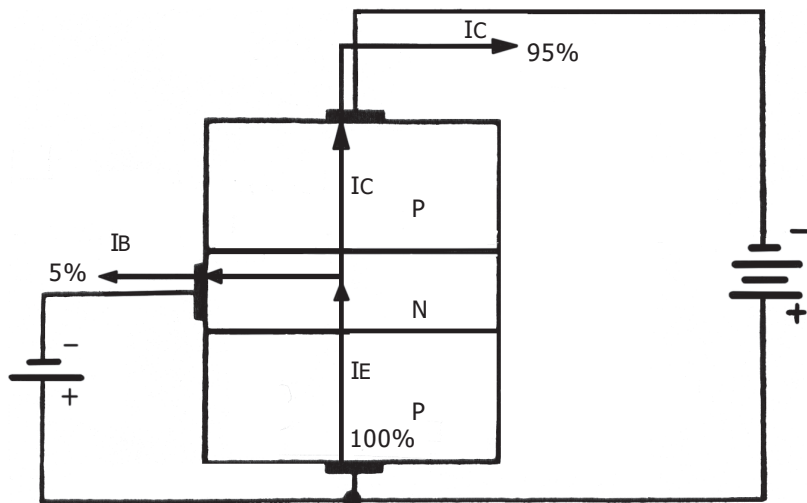


Fig. 47

## Corrente de emissor

Analisando um transistor PNP e suas correntes, verifica-se que:

- a corrente de emissor entra no transistor.
- as correntes de base e coletor saem do transistor. (Fig. 48)

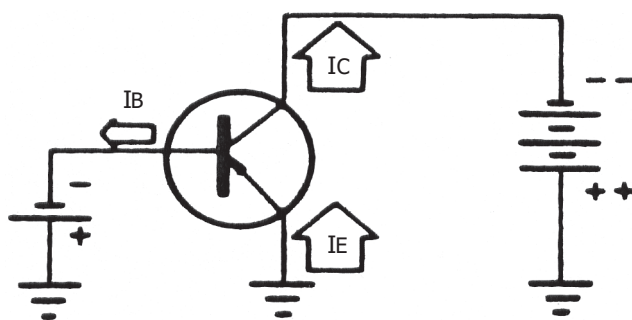


Fig. 48

*A corrente de base é formada por portadores que vêm do emissor e se recombina na base.*

*A corrente de coletor é formada por portadores que vêm do emissor e não se recombina, dirigindo-se ao coletor.*



Conclui-se, portanto, que tanto a corrente de base como a corrente de coletor provêm do emissor, de forma que se pode afirmar  $I_C + I_B = I_E$ . (Fig. 49)

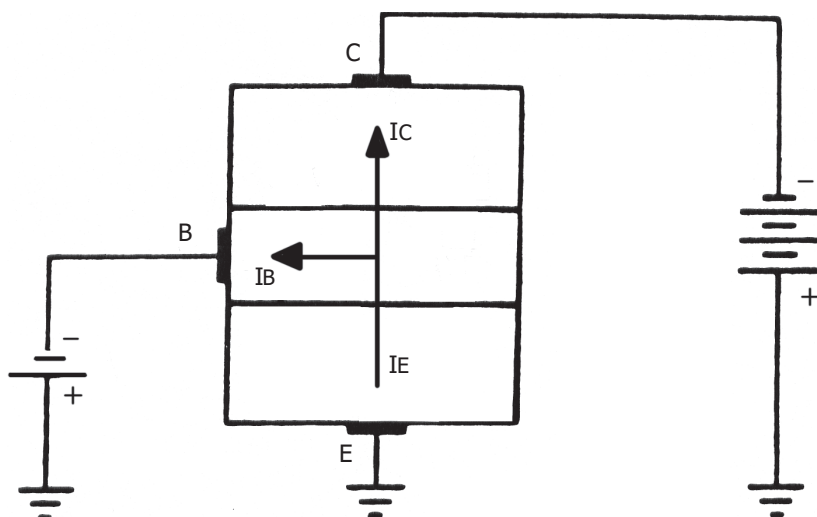


Fig. 49

## Controle da corrente de base sobre a corrente de coletor

A principal característica do transistor reside no fato de que a corrente de base (pequena corrente) exerce um controle eficiente sobre a corrente de coletor ( $I_C$ ).

Esse controle se deve ao fato de que a corrente de base influi na largura de barreira de potencial da junção base-emissor.

Quando a tensão  $V_{BE}$  aumenta, a barreira de potencial na junção base-emissor torna-se mais estreita. (Fig. 50)

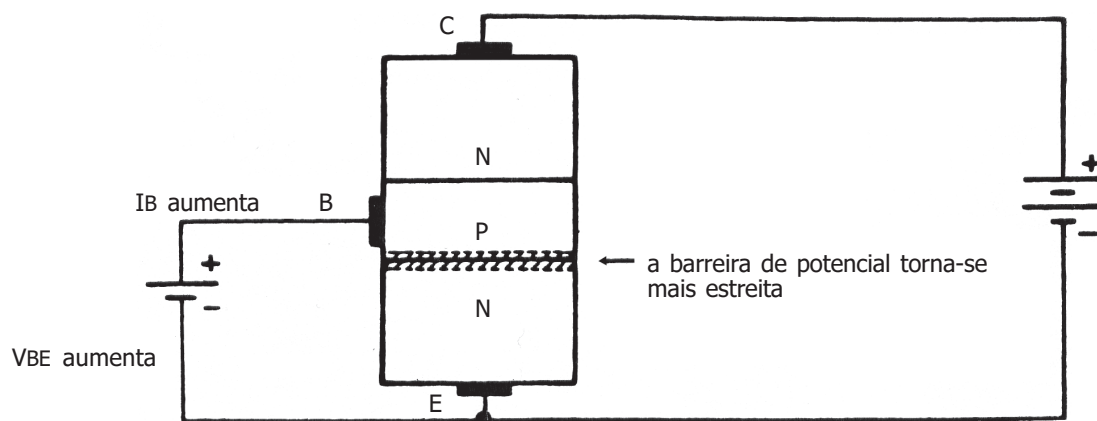


Fig. 50

O estreitamento da barreira de potencial entre base e emissor permite que um maior número de portadores do emissor atinja a base.

Esta maior quantidade de portadores é absorvida pelo coletor, uma vez que a base não tem capacidade para recombiná-los. Verifica-se então um aumento na corrente de coletor.

Conclusão:



Por analogia pode-se afirmar que:



Isto significa que a corrente de base de um transistor atua como corrente de controle e a corrente de coletor, como corrente controlada.



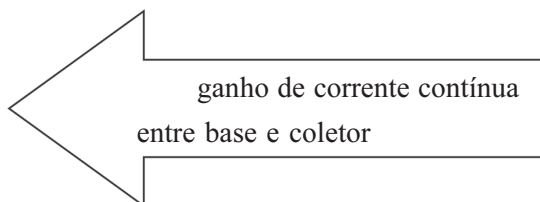
## Ganho de corrente do transistor

Através de um transistor é possível utilizar uma pequena corrente (IB) para controlar a circulação de uma corrente de valor muito maior (IC) que a outra.

A corrente IC e a corrente de controle (IB) podem ser relacionadas entre si para determinar quantas vezes uma é maior que a outra: IC resulta em um número que indica quantas vezes a corrente de coletor é maior que a corrente de base IB.

O resultado dessa relação é denominado tecnicamente de *ganho de corrente contínua* entre base e coletor, representado pela letra grega  $\beta$  (beta) em corrente contínua ou hFE.

$$hFE \text{ ou } BDC = \frac{IC}{IB}$$





Conhecendo-se o ganho de corrente entre base e coletor do transistor (BDC), é possível determinar a corrente de coletor a partir da corrente de base:

$$\boxed{BDC = \frac{I_C}{I_B}} \Rightarrow \boxed{I_C = BDC \cdot I_B}$$

É importante salientar que o fato de o transistor permitir um ganho de corrente entre base e coletor não significa que sejam geradas ou criadas correntes no seu interior. *Todas as correntes que circulam em um transistor são provenientes da fonte de alimentação*, cabendo ao transistor apenas controlar a quantidade de corrente fornecida por estas fontes.

### Atenção

*Os transistores não geram corrente, atuando apenas como controladores das quantidades de corrente fornecidas pelas fontes de alimentação.*

## Configurações de ligação do transistor

No transistor, a corrente de base atua como corrente de controle, determinando a corrente de coletor que poderia ser denominada de corrente controlada.

Em princípio, a circulação de duas correntes de valores diferentes em um componente pressupõe a existência de quatro terminais (dois terminais para cada corrente). (Fig. 51)

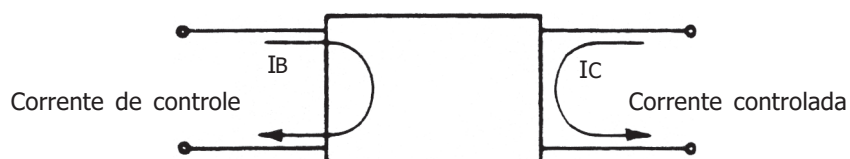


Fig. 51

Como o transistor não dispõe de quatro terminais (dois de entrada e dois de saída) sua ligação aos circuitos eletrônicos é feita de forma que um dos terminais seja comum ao circuito de entrada e de saída simultaneamente.

## Configuração de emissor comum

Quando o terminal emissor é utilizado como terminal comum, a forma de ligação do transistor é denominada tecnicamente de *configuração de emissor comum*. (Fig. 52)

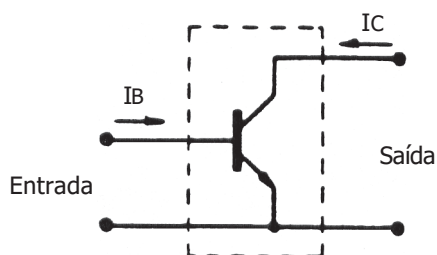


Fig. 52

### Observação

*As baterias de polarização não foram colocadas para dar maior clareza à figura.*

## Configuração de base comum

Quando a base é utilizada como terminal comum, a forma de ligação do transistor é denominada de *configuração de base comum*. (Fig. 53)

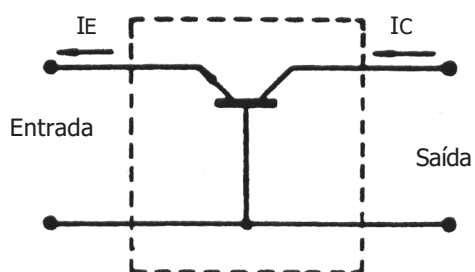


Fig. 53



## Configuração de coletor comum

É a denominação dada à forma de ligação em que o coletor do transistor é comum à entrada e à saída do circuito. (Fig. 54)

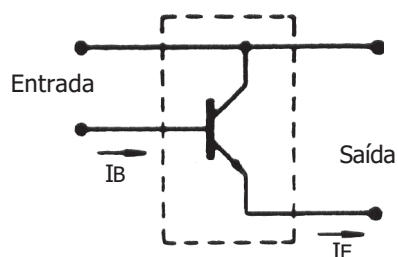


Fig. 54

## Curvas características de um transistor

Quando se analisa o comportamento de um componente eletrônico, procura-se colocar este componente sob as mais diversas situações em termos de correntes e tensões.

No diodo semicondutor, por exemplo, a corrente circulante depende do valor e da polaridade da tensão aplicada aos seus terminais.

Assim é, por exemplo, com o diodo zener.

Aplicam-se diversos valores de tensão direta e reversa aos seus terminais e mede-se a corrente circulante.

A figura 55 mostra a curva característica de um diodo zener.

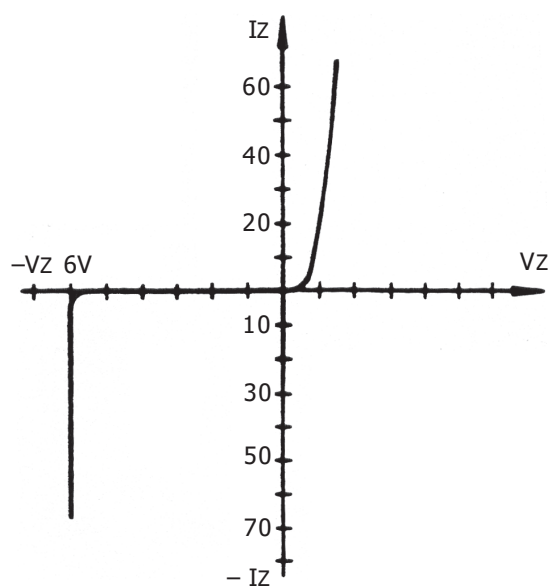


Fig. 55

O comportamento do transistor também é expresso através de curvas características, que são gráficos obtidos através de medidas elétricas no transistor em vários circuitos, sob condições de tensão e corrente controladas.

As curvas características do transistor assumem grande importância no projeto de circuitos, porque expressam o comportamento do componente em ampla faixa de condições de funcionamento, levando em consideração a forma como o transistor está ligado.

## Parâmetros elétricos nas curvas características do transistor

Nos componentes semicondutores com apenas dois terminais (diodo semicondutor, diodo zener) são necessários apenas dois parâmetros elétricos para expressar o comportamento em gráfico:

- tensão entre dois terminais (Ex.:  $V_D$ ).
- corrente no dispositivo (Ex.:  $I_D$ )

No transistor, pelo fato de serem três terminais, existem seis valores em jogo:

- $I_C$ : corrente de coletor
- $I_B$ : corrente de base
- $I_E$ : corrente de emissor
- $V_{BE}$ : tensão de base a emissor
- $V_{CE}$ : tensão de coletor a emissor
- $V_{CB}$ : tensão de coletor a base

A figura 56 mostra os parâmetros elétricos do transistor.

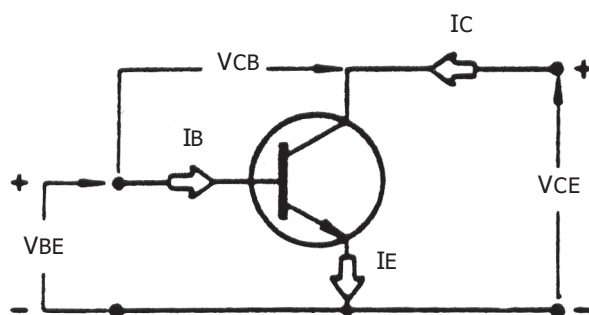


Fig. 56

Com base nestes valores e ainda outros não elétricos, tais como a temperatura, pode ser levantada uma série de curvas características que expressam o comportamento do transistor nas mais diversas condições.