

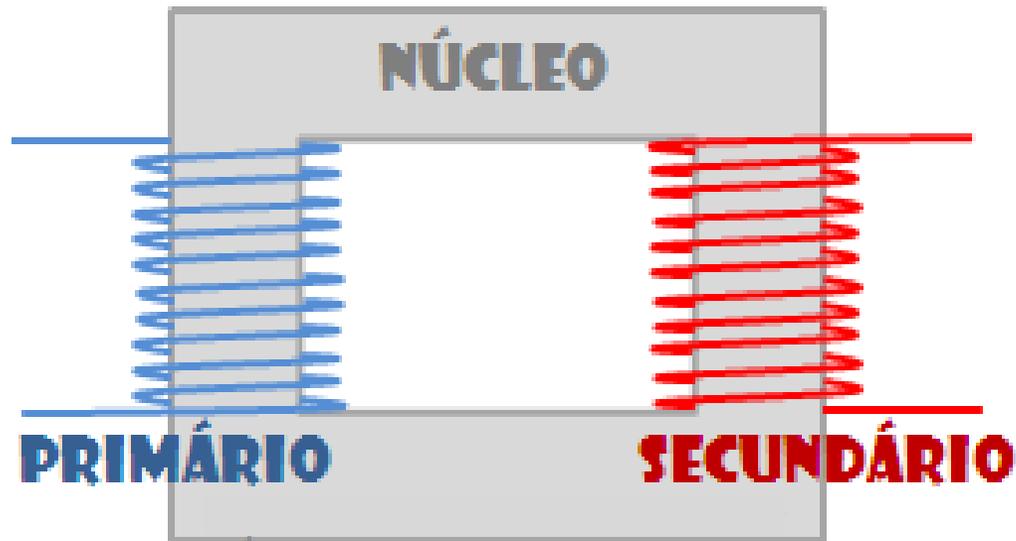
COMANDOS ELETRICOS

Transformador

Conceito:

O transformador é uma máquina elétrica destinada à reduzir ou aumentar um determinado valor de tensão elétrica que lhe é fornecido.

Ou ainda prover **isolação** entre sistemas elétricos, não afetando os valores de tensão dos mesmos.



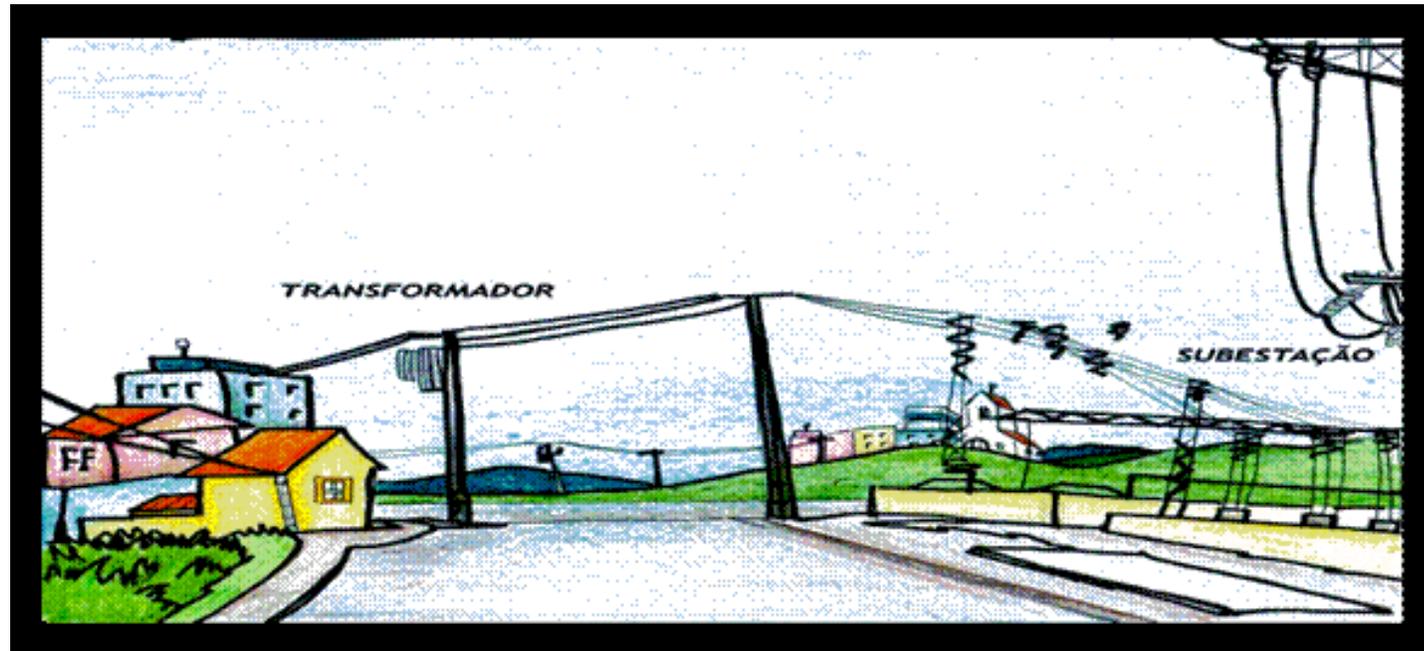
Aplicações típicas:

Elevar o valor de tensão produzido por uma usina de energia elétrica, para que possa ser transmitido até as unidades consumidoras;



Aplicações típicas:

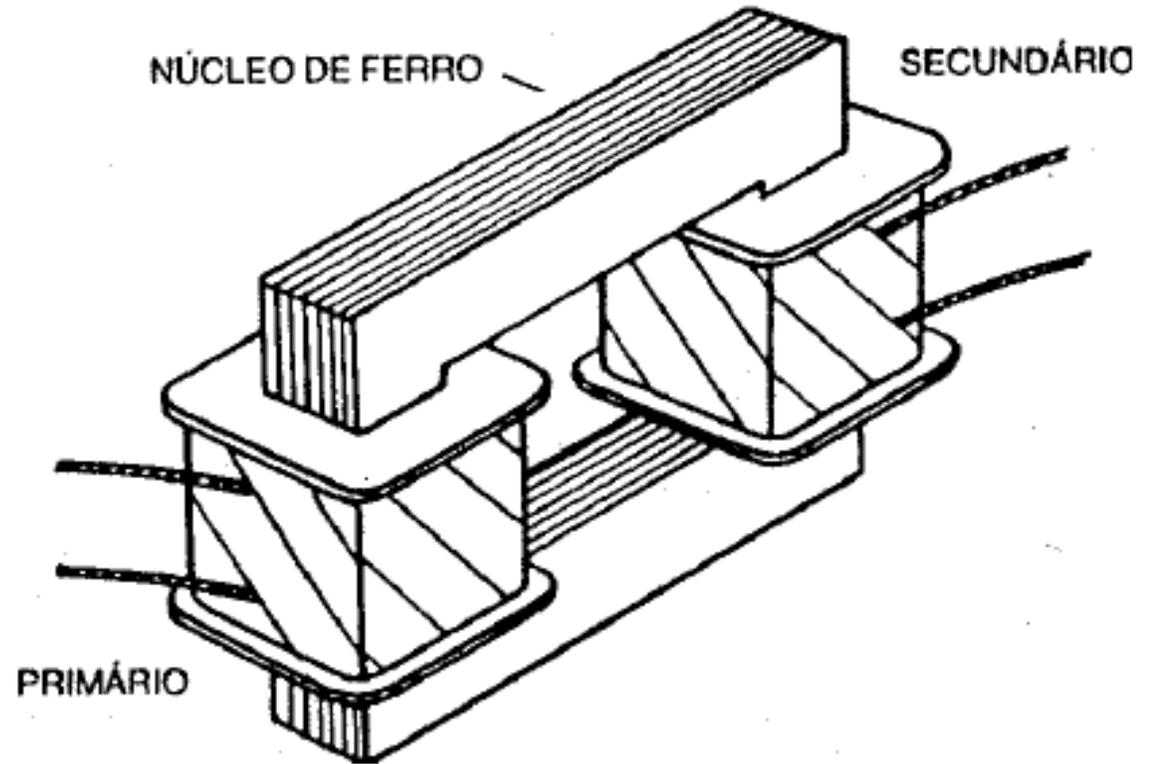
Abaixar o valor de tensão das linhas de alta tensão para prover alimentação elétrica a residências e aos consumidores em geral;



Constituição:

Os transformadores de forma geral possuem:

- Núcleo (Envolvente/Envolvido).
- Enrolamentos (Primário e Secundário).
- Culatras e colunas.
- Buchas.



Constituição (Núcleo):

O núcleo é o circuito magnético do transformador geralmente confeccionado por chapas de material ferromagnético.

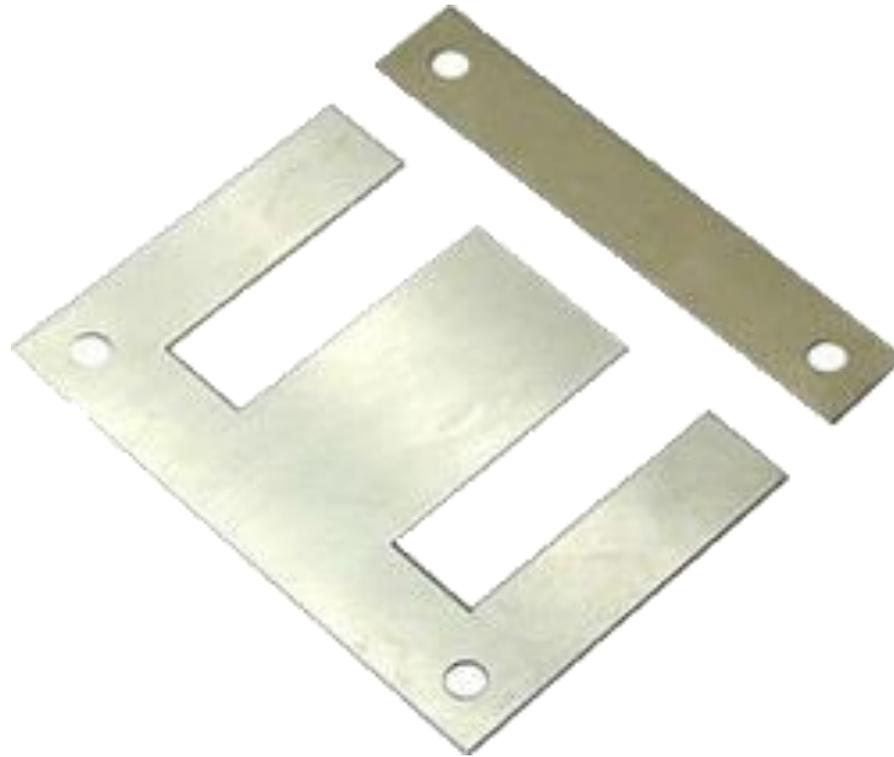


Cada uma das lâminas é isolada com uma espécie de verniz, para evitar o contato elétrico entre as chapas prevenindo o transformador de perdas por Histerese e Foucault.

Obs.: O núcleo também pode ser feito de ar.

Constituição (Núcleo):

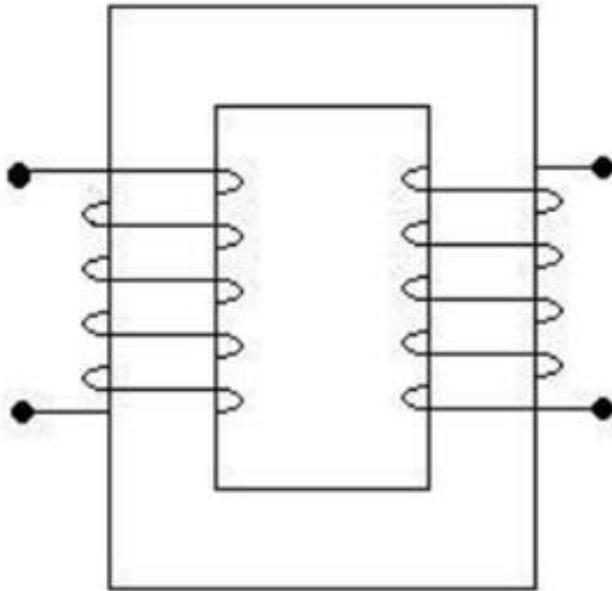
Diferentes modelos de núcleos podem ser encontrados, em nosso exemplo trabalharemos com o núcleo do tipo E+I que tradicionalmente é o mais utilizado em transformadores monofásicos de baixa potência.



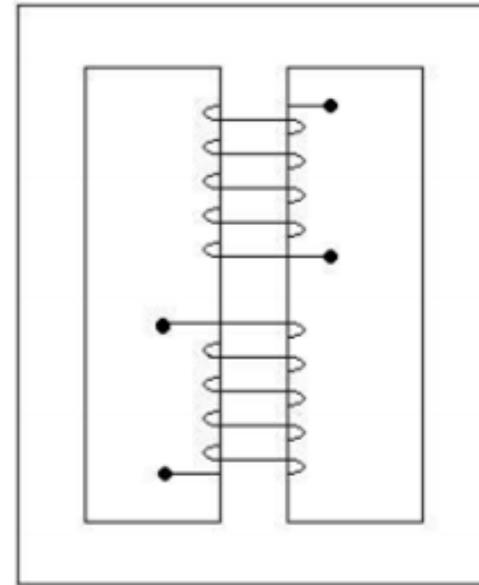
Constituição (Núcleo):

O núcleo pode ser do tipo:

Envolvente - CORE



Envolvido - SHELL



Constituição (Enrolamentos):

Fio de cobre esmaltado eletrolítico com 99,9% de pureza

- **Revestimento de verniz.**
- **Suporta até 200°C.**
- **HS – Camada Simples ou HD – Dupla Camada.**
- **Resistência à umidade e a produtos abrasivos.**



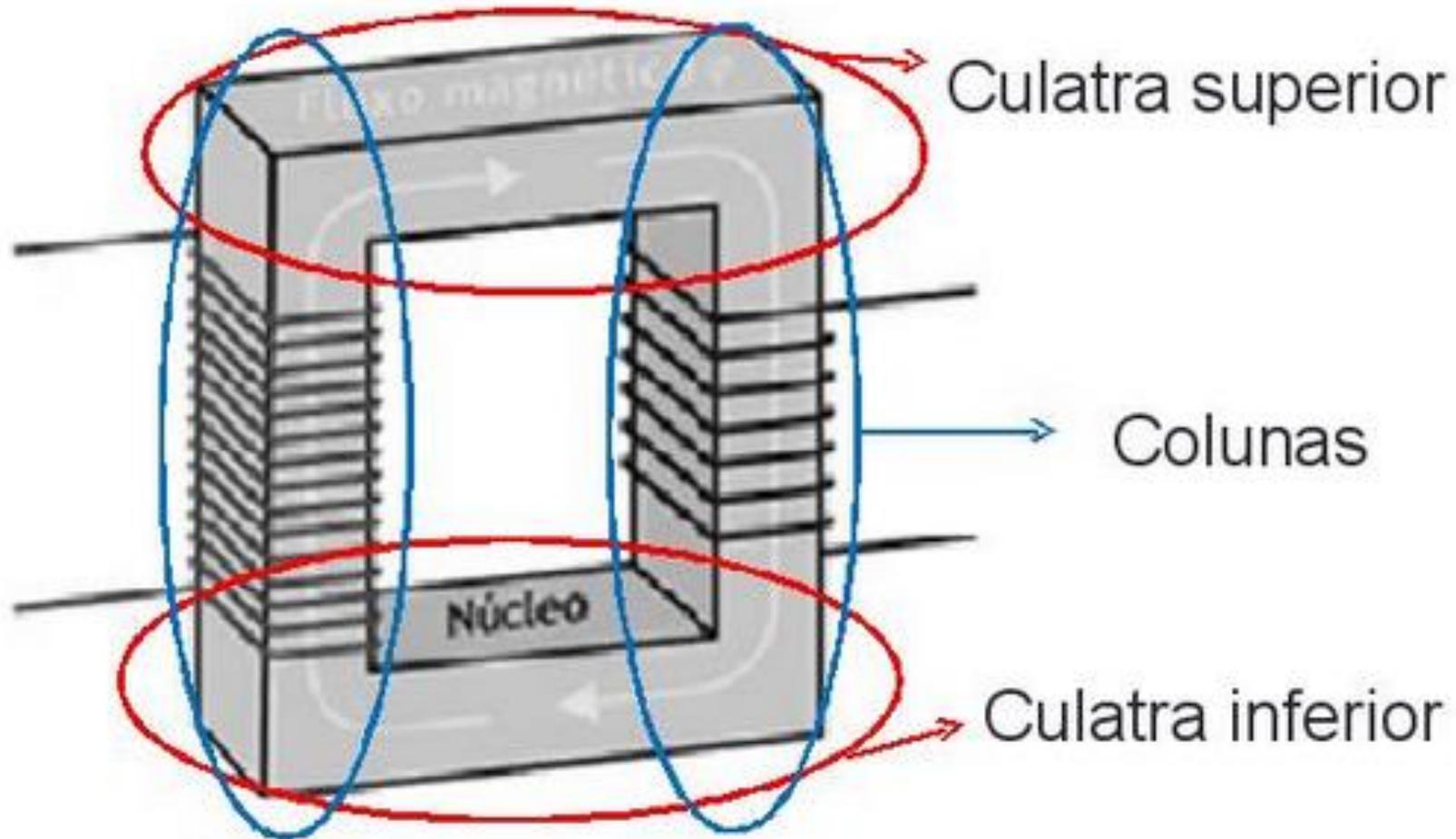
Constituição (Papel Isolante):

Papel Isolante Parafinado

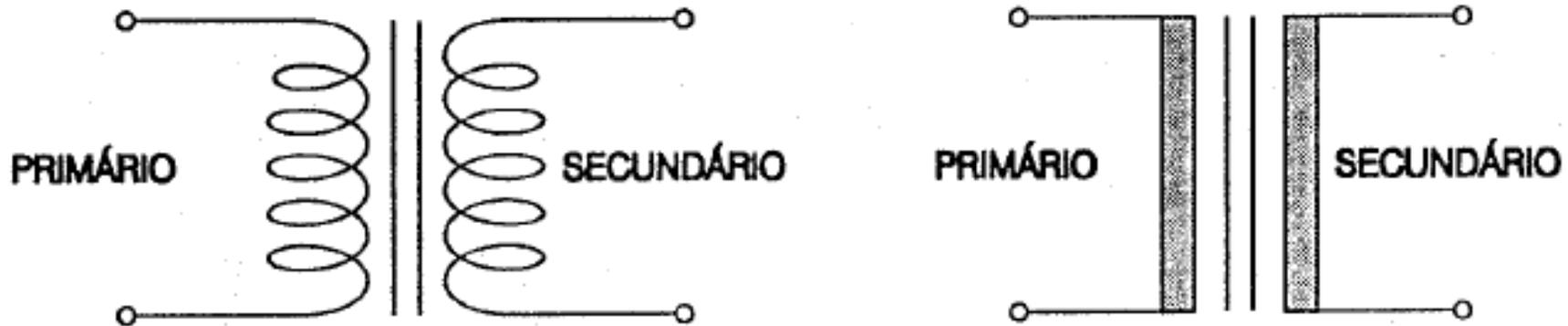
- Realiza a isolação das bobinas.
- Este papel recebe um banho de parafina para auxiliar na eliminação da umidade causadora de baixa isolação do transformador.



Constituição:

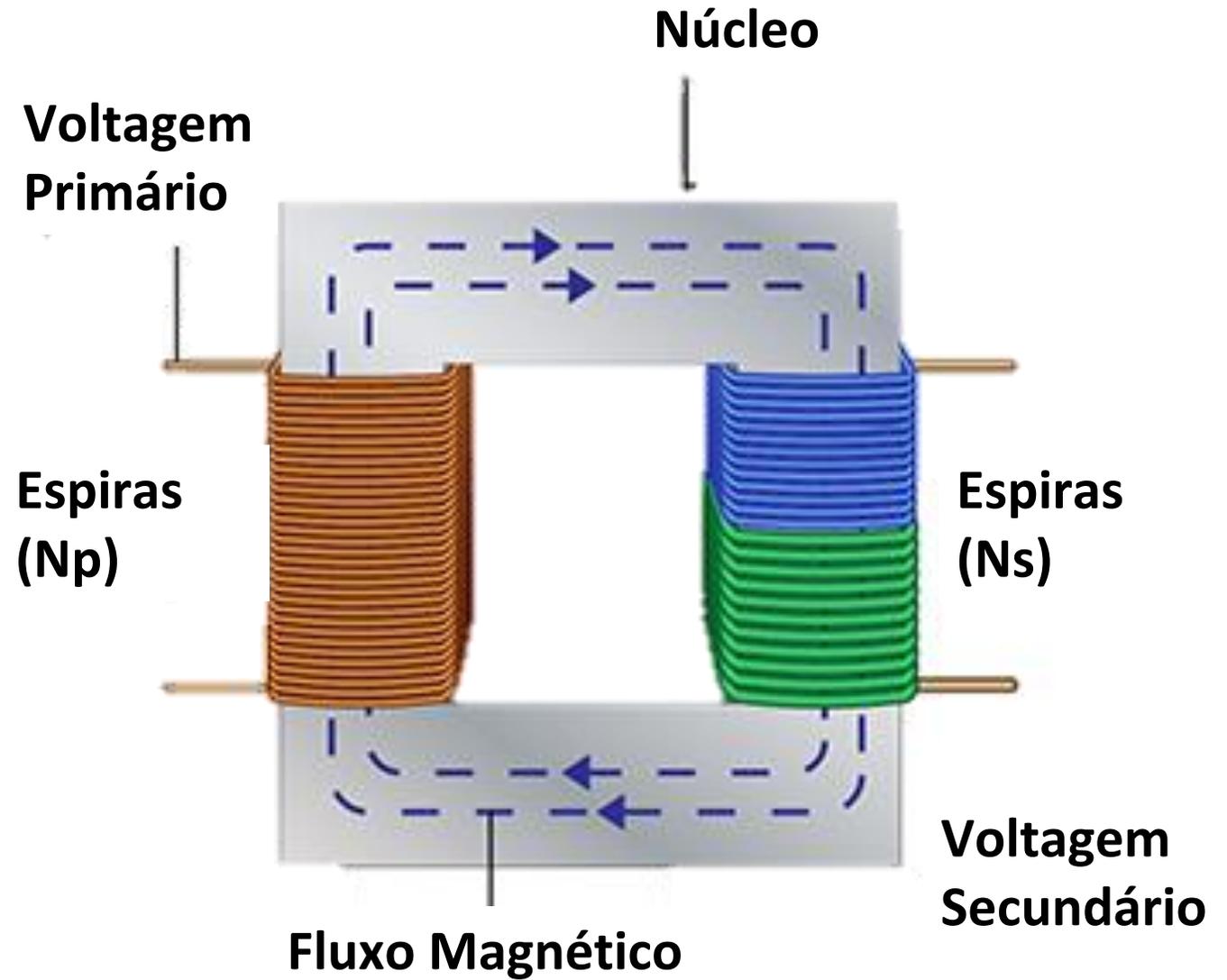


Simbologia:



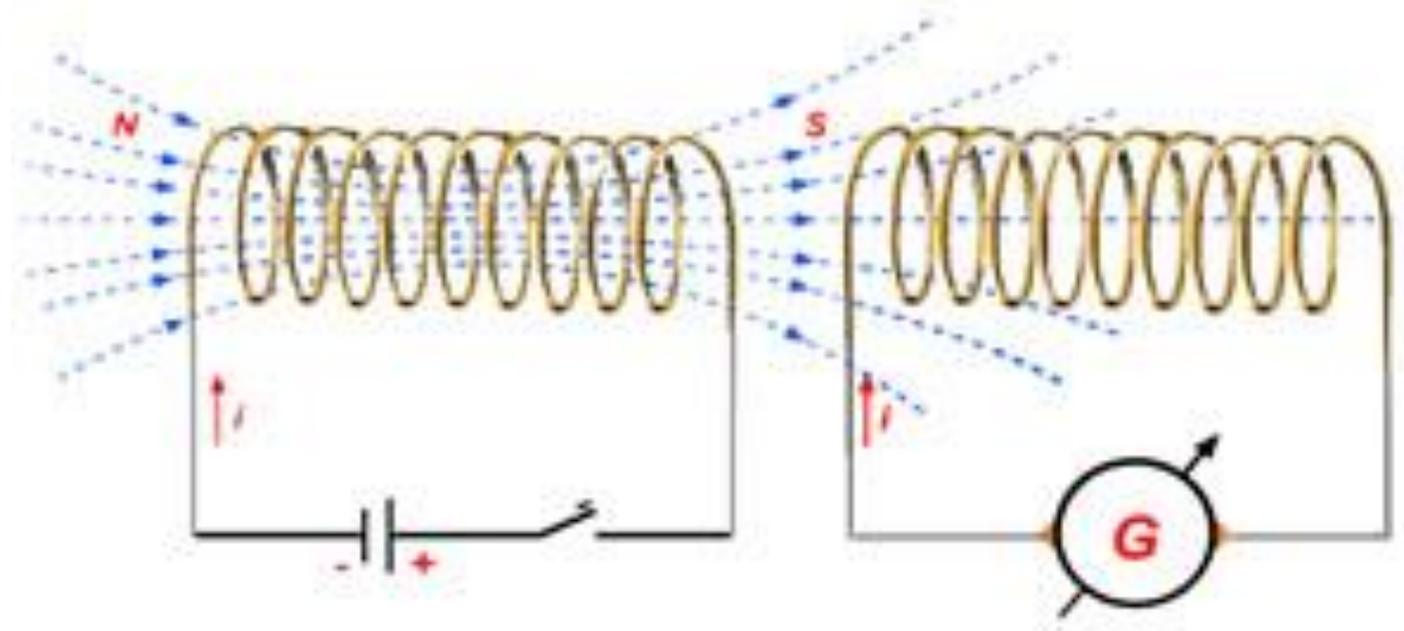
Os traços colocados no símbolo entre as bobinas do primário e secundário indicam o núcleo de ferro laminado. O núcleo de ferro é usado em transformadores que funcionam em baixas frequências (50, 60 e 120Hz).

Transformador Elementar



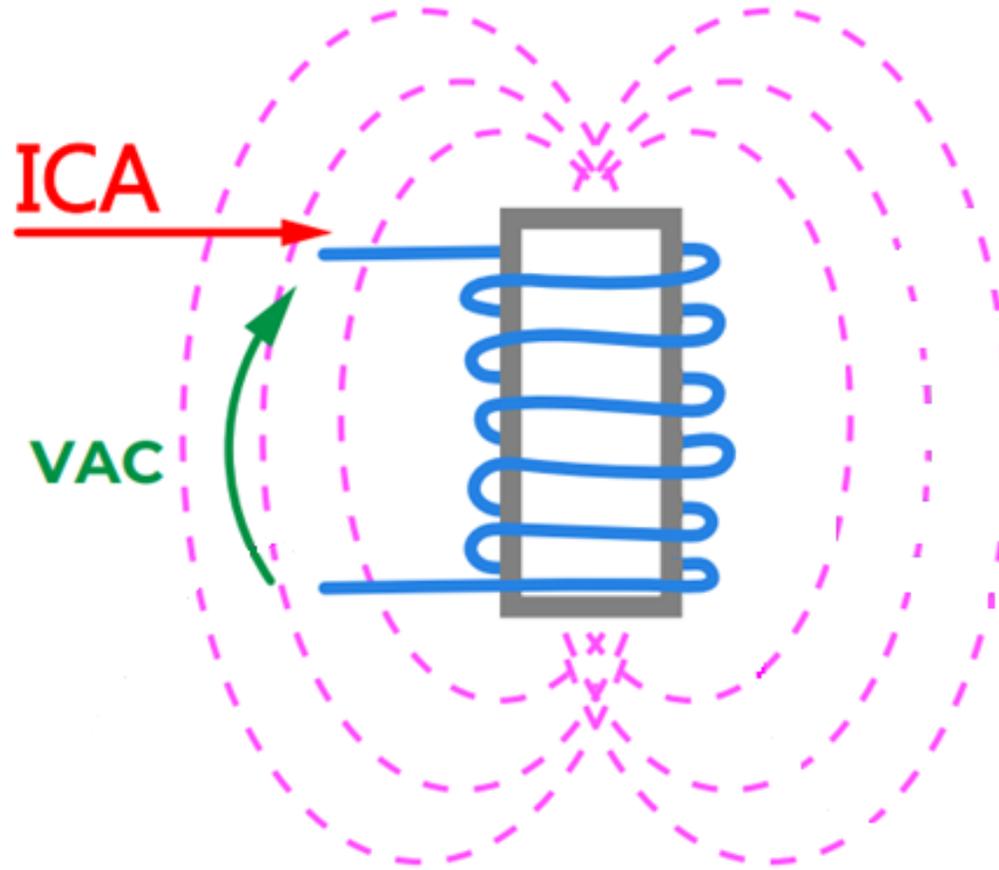
Funcionamento - Leis de Lenz/Faraday

1. Todo condutor quando percorrido por uma corrente elétrica, gera sobre si um campo eletromagnético.
2. Ao aproximar de um condutor a um campo eletromagnético, cria-se nas extremidades deste condutor uma força eletromotriz (tensão elétrica), e por consequência uma corrente elétrica induzida.



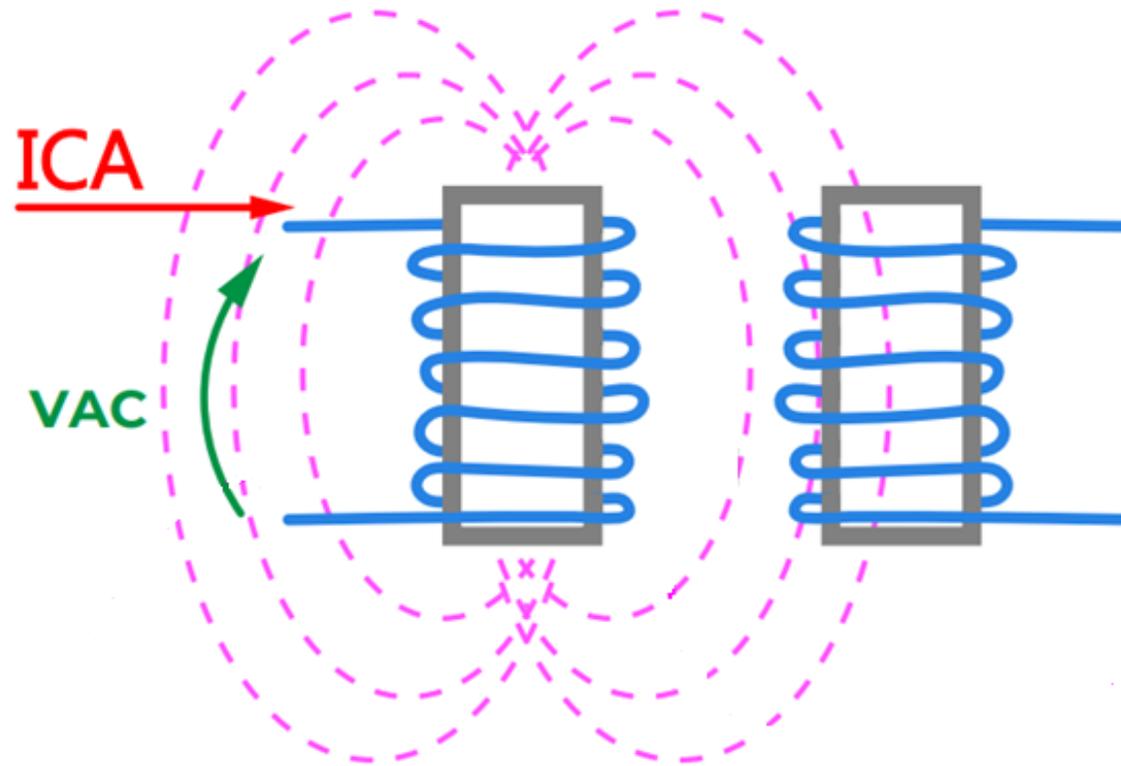
Funcionamento

Quando uma bobina é conectada a uma fonte CA, um campo magnético variável surge ao seu redor.



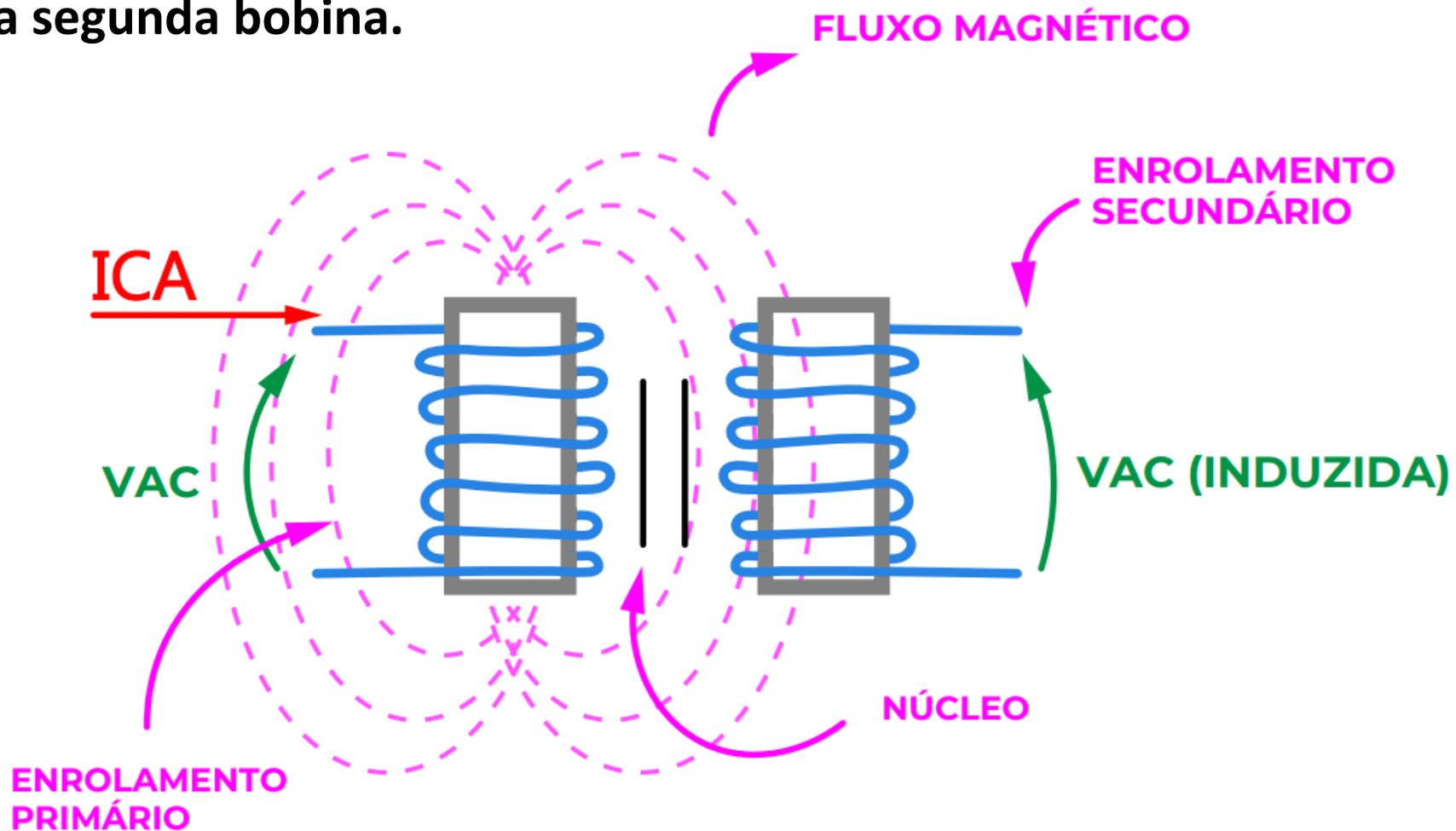
Funcionamento

Se outra bobina for aproximada da primeira, o campo magnético variável gerado na primeira bobina corta as espiras da segunda bobina.



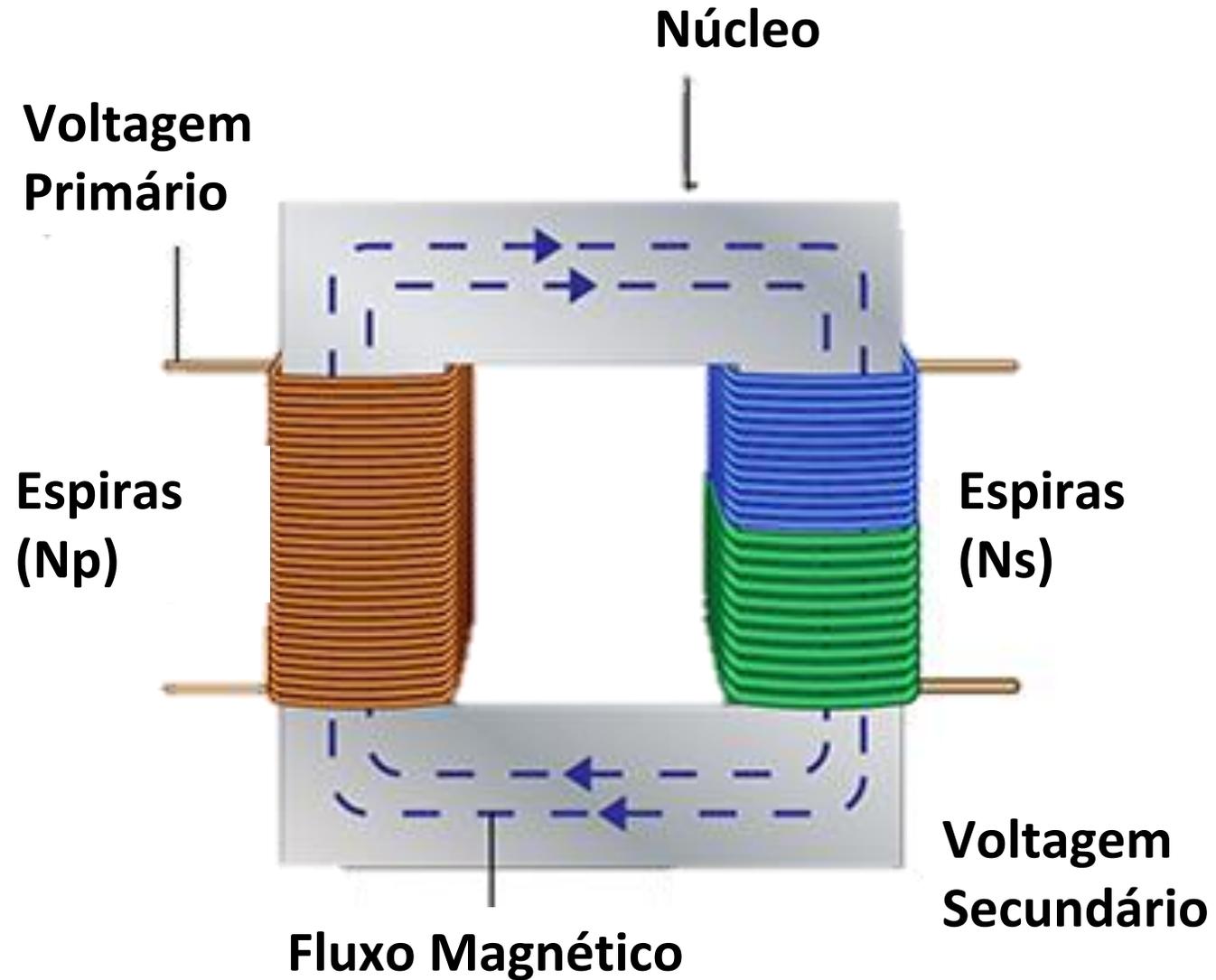
Funcionamento

Em consequência da variação do campo magnético sobre as espiras, surge uma tensão induzida na segunda bobina.



Funcionamento

As bobinas primária e secundária são eletricamente isoladas entre si. A transferência de energia de uma para a outra se dá exclusivamente através das linhas de forças magnéticas.

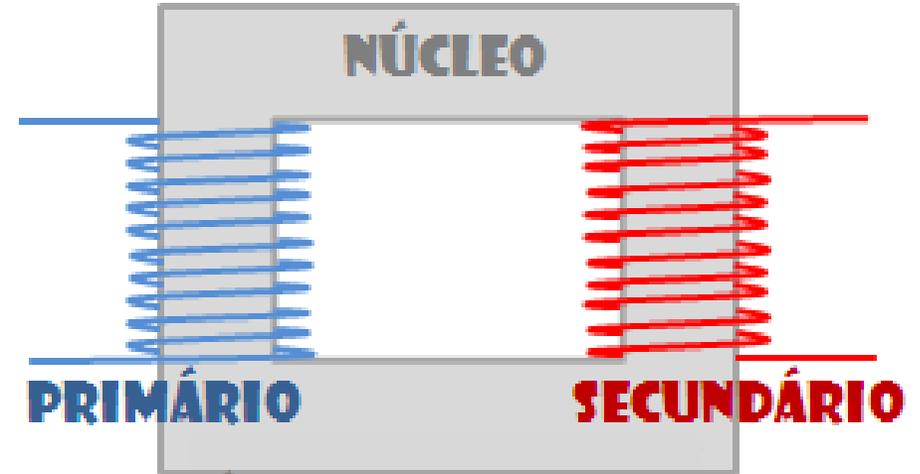


Relação de transformação (α)

$$V_s / V_p = N_s / N_p = \alpha$$

- V_p = Tensão Primário.
- V_s = Tensão Secundário.
- N_p = Número de espiras do Primário.
- N_s = Número de espiras do secundário.
- α = Relação de transformação.

A tensão induzida é sempre proporcional ao número de espiras da bobina e de acordo com a indução magnética que a provocou.



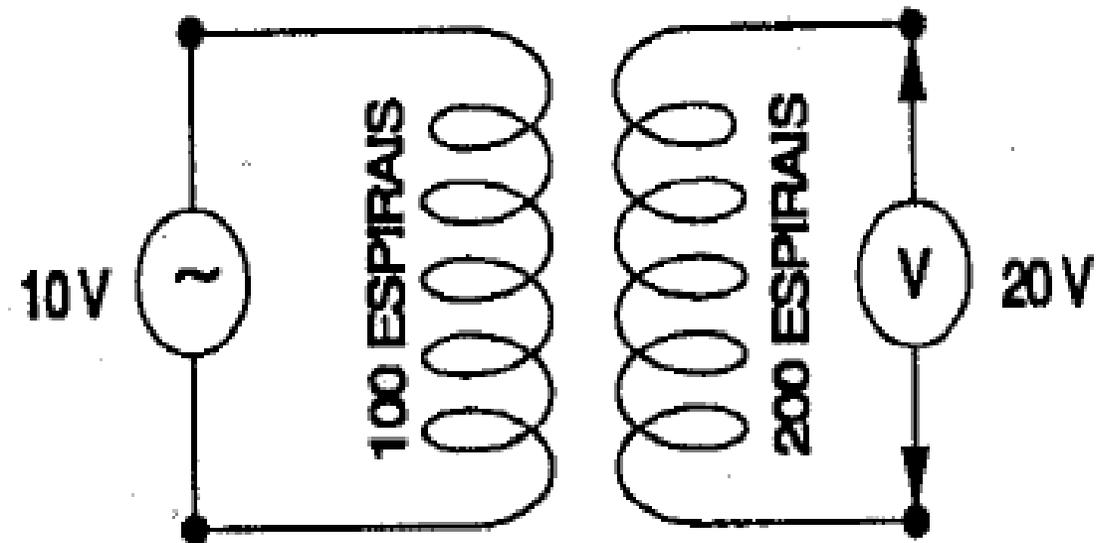
Exemplo

Por exemplo, num transformador com primário de 100 espiras e secundário de 200 espiras, a tensão do secundário será o dobro da tensão do primário. Se chamarmos o número de espiras do primário de N_p e do secundário de N_s , podemos escrever:

$$V_s/V_p = 2$$

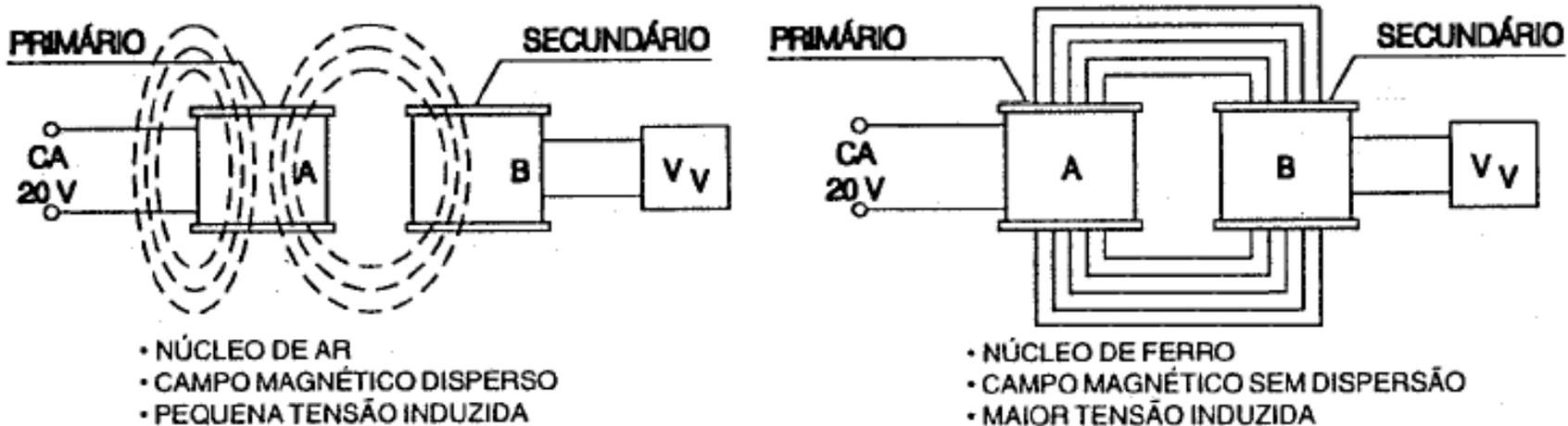
$$N_s/N_p = 2.$$

(Lê-se: saem 2 para cada 1 que entra.)



Interferência do Núcleo

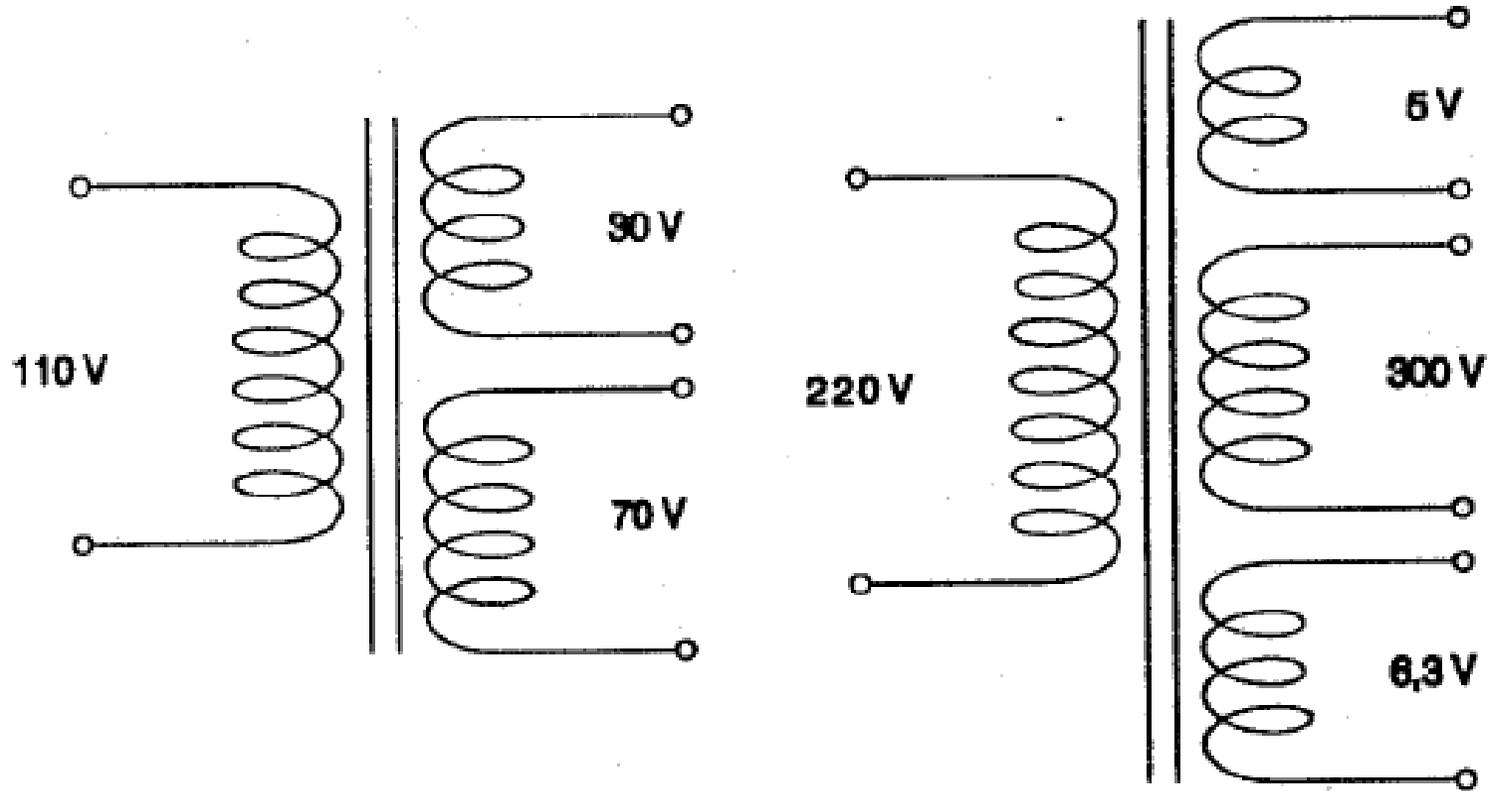
Como a tensão induzida no secundário é proporcional ao número de linhas magnéticas que cortam a bobina secundária e ao número de suas espiras.



- O núcleo tem a função de diminuir a dispersão do campo magnético.
- Como consequência, obtém-se uma transferência melhor de energia entre primário e secundário.

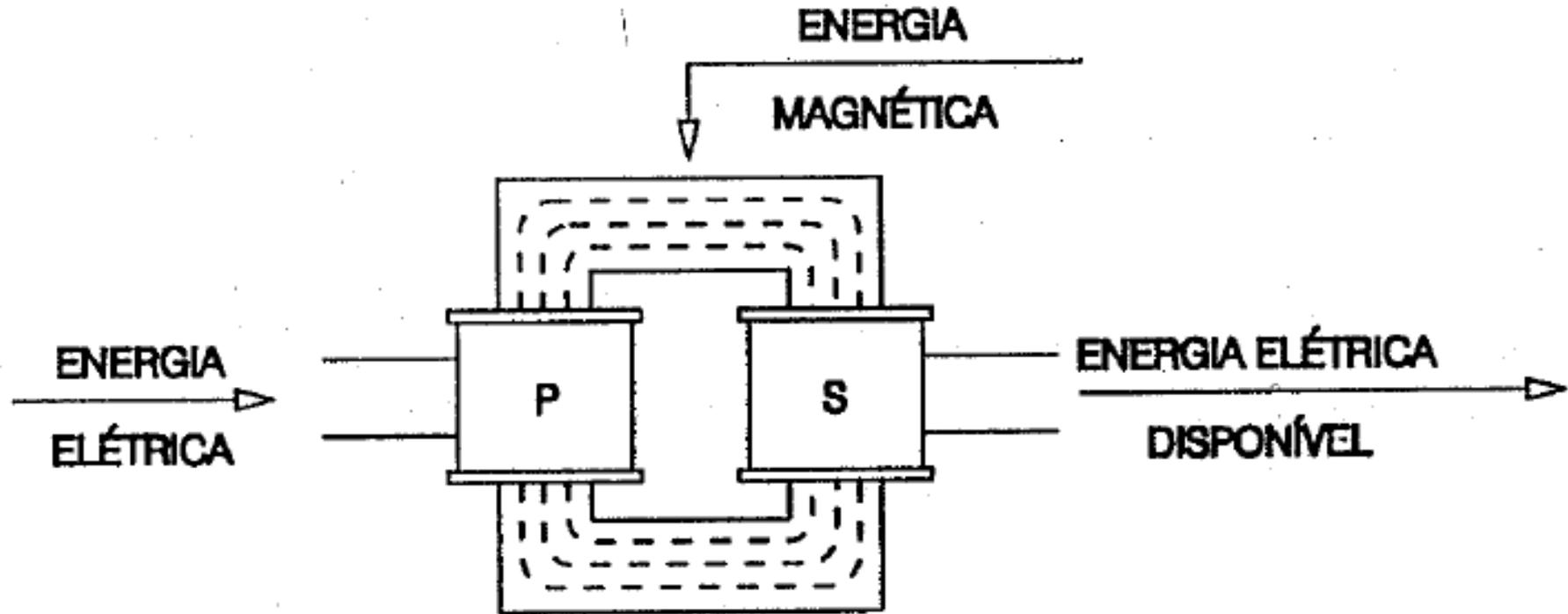
Configurações

Para se obter várias tensões diferentes, os transformadores podem ser construídos com mais de um secundário.



Relação de Potência

Como já foi visto, o transformador recebe uma quantidade de energia elétrica no primário, transforma-a em campo magnético e converte-a novamente em energia elétrica disponível no secundário.

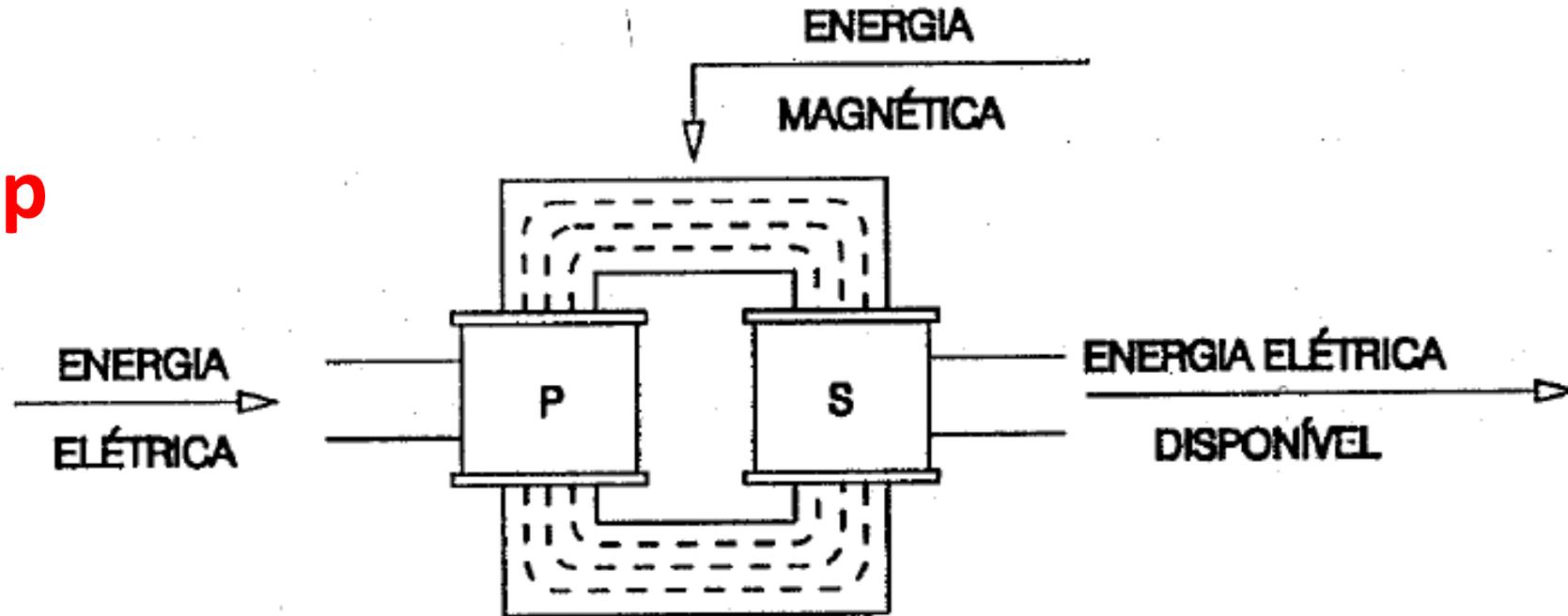


Potência Primário

A quantidade de energia absorvida da rede elétrica pelo primário é denominada de potência do primário, representada pela notação P_p .

A potência do primário depende da tensão aplicada e da corrente absorvida da rede, ou seja:

$$P_p = V_p * I_p$$

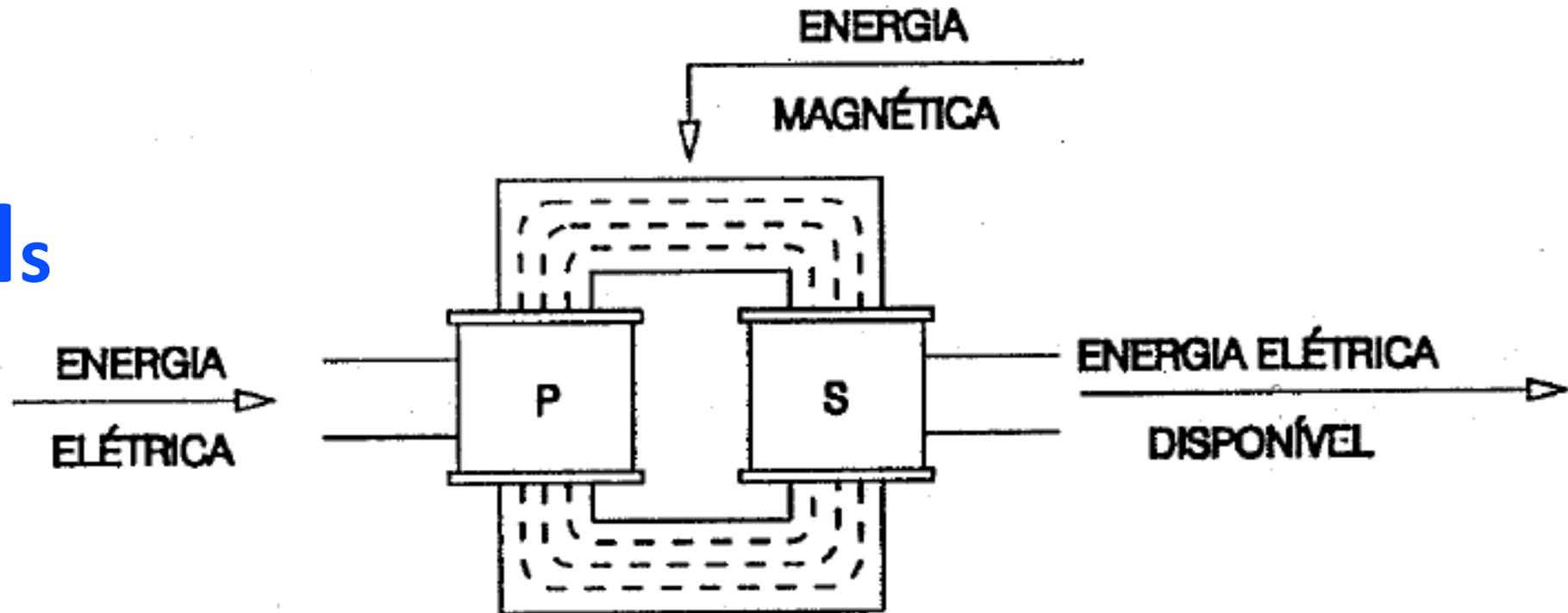


Potência Secundário

A energia disponível no secundário chama-se potência do secundário (P_s).

A potência do secundário, por sua vez, é o produto da tensão e corrente no secundário, ou seja:

$$P_s = V_s * I_s$$



Relação de Potência

A quantidade de energia absorvida da rede elétrica pelo primário é denominada de potência do primário, representada pela notação P_p . Admitindo-se que não existam perdas por aquecimento do núcleo, pode-se concluir que toda a energia absorvida no primário está disponível no secundário.

A relação de potência do transformador ideal é, portanto:

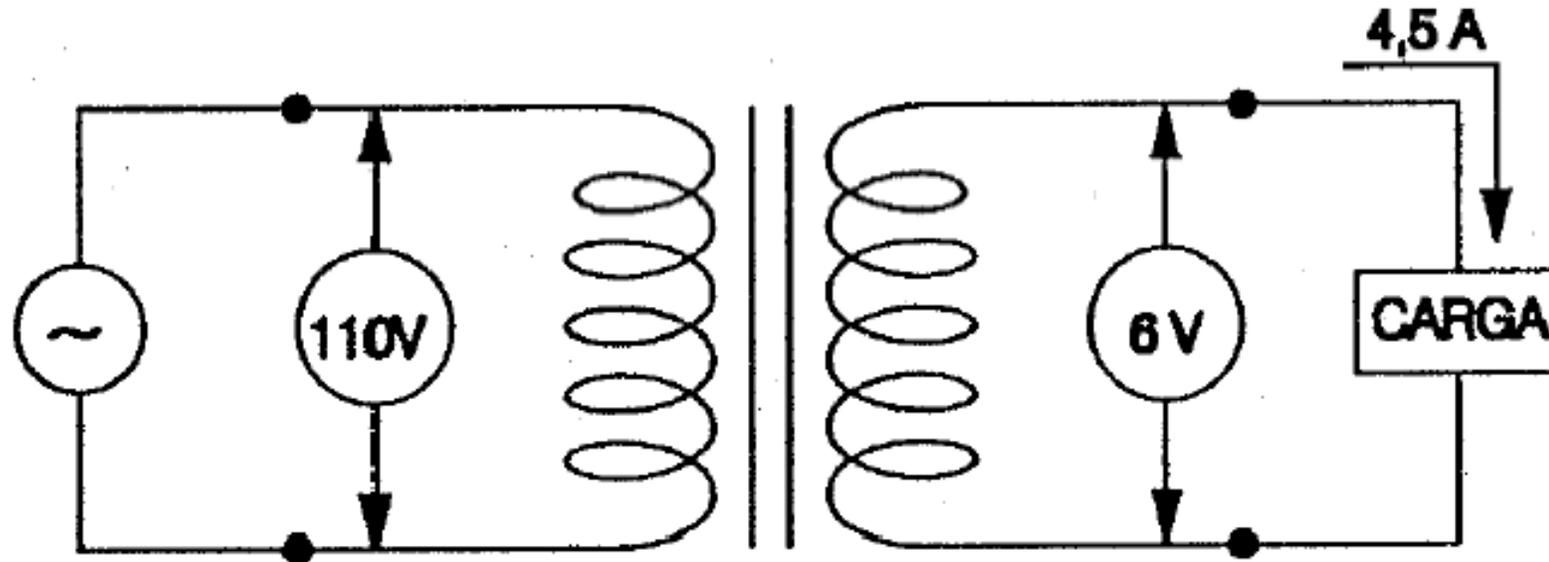
$$P_p = V_p * I_p = P_s = V_s * I_s$$

$$P_p = P_s$$

$$V_p * I_p = V_s * I_s$$

Exemplo

Um transformador abaixador de 110V para 6V deverá alimentar no seu secundário uma carga que absorve uma corrente de 4,5A. Qual será a corrente no primário?



SOLUÇÃO

$$V_p = 110V$$

$$V_s = 6V$$

$$I_s = 4,5A$$

$$I_p = ?$$

$$I_p = \frac{V_s * I_s}{V_p}$$

$$I_p = \frac{27VA}{110V}$$

$$I_p = \frac{6V * 4,5A}{110V}$$

$$I_p = 0,245A$$

Perdas no transformador

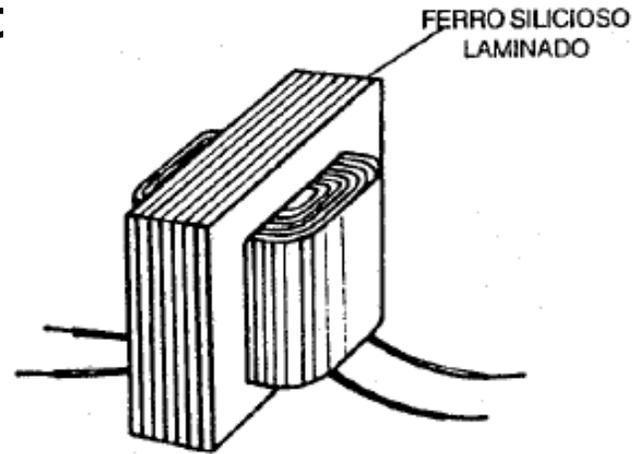
Com a inclusão do núcleo, embora o aproveitamento do fluxo magnético gerado seja melhor, o ferro maciço sofre perdas por aquecimento causadas por dois fatores:

- **Perdas no Ferro.**
 - **Histerese magnética**
 - **Correntes parasitas.**
- **Perdas no Cobre.**
 - **Resistividade do cobre.**

Perdas no Ferro

CORRENTES PARASITAS

As perdas por corrente parasita (ou por correntes de Foucault) aquecem o ferro, porque a massa metálica sob variação do fluxo gera dentro de si mesma uma força eletromotriz (fem) que provoca a circulação de corrente parasit



Para diminuir seu aquecimento, os núcleos são construídos com chapas de ferro isoladas entre si. O uso de lâminas não elimina o aquecimento, mas este se torna bastante reduzido em relação ao núcleo de ferro maciço.

Perdas no Ferro

HISTERESE MAGNÉTICA

As perdas por histerese magnética são causadas pela oposição que o ferro oferece à passagem do fluxo magnético.

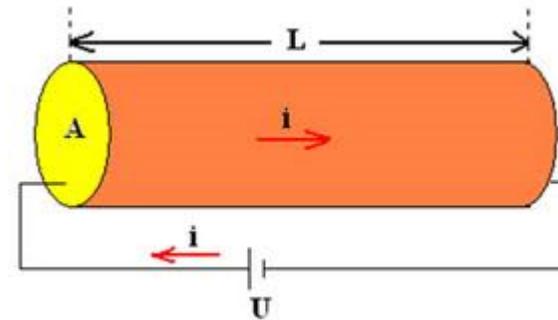
Essas perdas são diminuídas melhorando a condutividade magnética do núcleo, empregando ferro doce na fabricação do mesmo por exemplo.

Perdas no Cobre

RESISTIVIDADE

São as perdas causadas por efeito joule (dissipação de potencia em forma de calor) devido a resistividade do fio de cobre utilizado no enrolamento do transformador.

$$R = \rho \frac{L}{A}$$



Rendimento

Rendimento é a relação entre a potencia fornecida pelo secundário do transformador e a potencia absorvida pelo primário do mesmo.

$$\eta = \frac{P_s}{P_s + P_{cu} + P_{fe}}$$

P_s = Potência de saída.

P_{cu} = Perdas no cobre.

P_{fe} = Perdas no ferro.

Obrigado pela atenção!

