



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas

Experimento 3: Lei de Faraday, transformadores e campo magnético da Terra

1.3.1 Objetivos

- ✓ Realizar experimentos que verifiquem a lei de indução de Faraday.
- ✓ Estudar o processo de transformação de tensão em um transformador.
- ✓ Obter a componente horizontal do campo magnético terrestre.

1.3.2 Materiais necessários

- ✓ 4 diodos de alta amperagem.
- ✓ 5 resistores cerâmicos ($R_1 = 8\Omega$; R_2, R_3 e $R_4 = 15\Omega$ e $R_5 = 22\Omega$) de 20 W de potencia.
- ✓ 1 capacitor eletrolítico de 2200 μF e 50 V.
- ✓ 1 Bússola.
- ✓ 1 transformador com tensão de entrada 127 V AC e tensão de saída 6 V AC.
- ✓ 1 espira com duas voltas.
- ✓ Um ímã em forma de bastão
- ✓ Bobinas (300, 600, 900 e 1200 espiras).
- ✓ 2 multímetros.

1.3.3 Referencial Teórico

A Lei de Faraday

Através de alguns experimentos realizados por Michel Faraday, em 1831, ele observou que uma força eletromotriz (fem) poderia ser induzida em uma espira, na presença de um campo magnético variável. Esta lei é enunciada da seguinte forma:

A força fem induzida em um circuito é igual ao negativo da taxa de variação com que o fluxo magnético (Φ_B) através do circuito está mudando no tempo.

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (1)$$

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas

A lei de Lenz, proposta em 1834 ajuda a compreender o sinal negativo sugerido por Faraday:

A corrente elétrica induzida em uma espira fechada condutora aparece em um sentido que se opõe à mudança que a produziu.

O Transformador

Um transformador é constituído basicamente por dois enrolamentos que utilizando um núcleo comum pode aumentar ou diminuir uma tensão elétrica alternada. A tensão alternada da rede é sempre conectada no enrolamento primário. Uma saída de tensão é obtida no enrolamento do secundário e, esta pode ser aumentada ou diminuída, de acordo com seu número de espiras. A Figura 1 é uma ilustração de um transformador, com núcleo, enrolamento primário e enrolamento secundário.

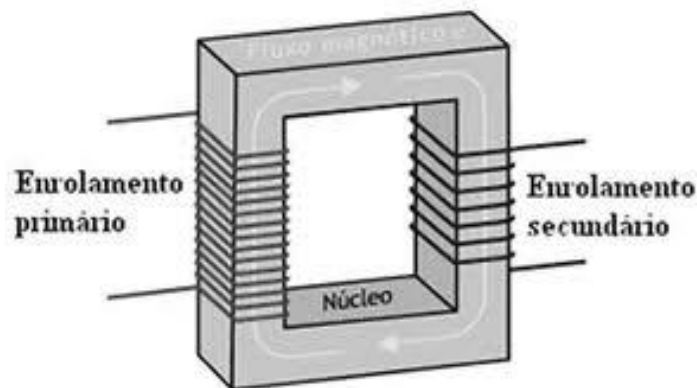


Figura 1 – Representação esquemática de transformador com enrolamento primário, secundário e núcleo.

Por simplicidade considera-se um modelo baseado em um transformador ideal, ou seja, despreza-se as perdas de energia por efeito Joule nos enrolamentos, bem como a energia dissipada devido às correntes de Foucault, provocada pelo campo magnético alternado na vizinhança dos enrolamentos, particularmente no núcleo. Além disso, considera-se que os fluxos do campo magnético através dos enrolamentos são iguais. Sendo assim, com base na lei de indução de Faraday, a fem por *espira* é a mesma em ambos os enrolamentos, primário com N_p espiras e o secundário, com N_s espiras. Em outras palavras:

$$\frac{V_p}{N_p} = \frac{V_s}{N_s} \quad (2)$$



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas

Resolvendo a igualdade para V_S , obtém-se:

$$V_S = V_P \frac{N_S}{N_P} \quad (3)$$

Se $N_S > N_P$, trata-se de um transformador elevador de tensão; se $N_S < N_P$ trata-se de um transformador abaixador de tensão.

O Campo Magnético da Terra

Desde os tempos de Gilbert (1544 – 1603) a Terra foi considerada como um grande ímã natural. Este campo magnético na superfície da Terra, varia segundo a região em que é medido, de uns 0,2 a 0,6 gauss.

Uma maneira simples da obtenção da componente horizontal do campo magnético terrestre (B_T), consiste na aplicação de um campo magnético externo (B_{EXT}) perpendicular a B_T e a observação da deflexão de uma bússola, que aponta na mesma direção que o campo resultante (B_{RES}) entre os campos B_{HT} e B_{EXT} . A Figura 2 ilustra, uma observação vista de cima, dos vetores B_T , B_{EXT} , B_{RES} e a deflexão da Bússola Φ .

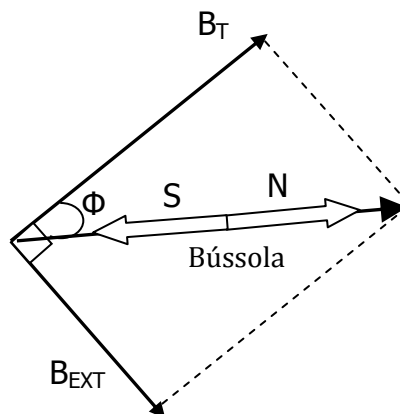


Figura 2 – Vetores B_{HT} , B_{EXT} , B_{RES} e o ângulo de deflexão de uma bússola, indicada por setas maiores na Figura.

Uma maneira simples de se obter um campo magnético externo é fazer uma corrente elétrica i percorrer um enrolamento com N espiras de raio R . De acordo com a lei de Biot Savart, o campo magnético externo no centro deste enrolamento é:

$$B_{EXT} = \frac{\mu_0}{2R} Ni \quad (4)$$



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas

Desta forma, obtém – se uma relação entre as grandezas B_T , $\text{tg}\Phi$ e i , possibilitando o cálculo de B_T com incerteza.

1.3.4 Procedimentos Experimentais

Parte 1 – Lei de Faraday

1. Conecte a bobina de 600 espiras ao voltímetro do multímetro (na menor escala possível de tensão contínua) e, de acordo com a Figura 3. O cabo vermelho deve ser ligado no “com” da fonte.

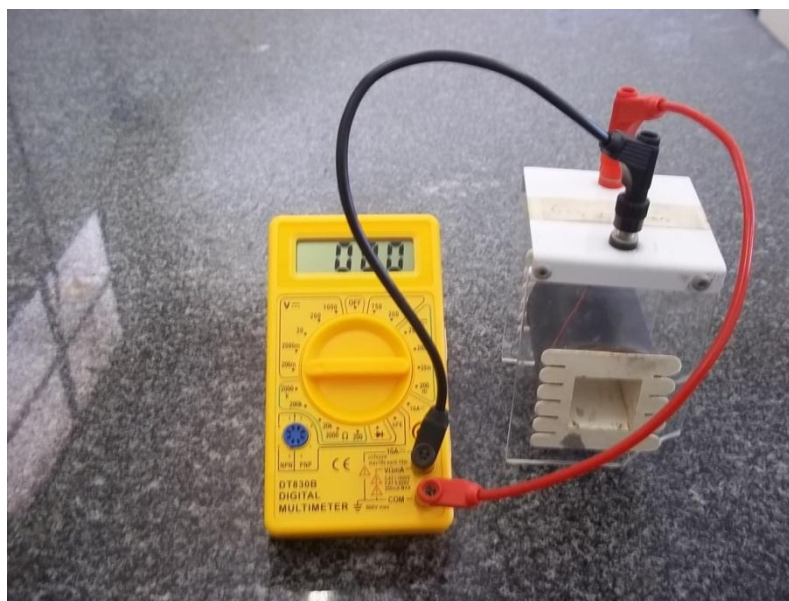


Figura 3 – Montagem experimental para o estudo da lei de Faraday.

2. Com o auxílio da bússola, identifique qual é o polo norte e o polo sul do ímã. (Não se esqueça que o ímã aponta para o norte geográfico da Terra que, na verdade, está próximo de seu polo sul magnético).
3. Pegue um ímã em barra e aproxime lentamente seu pólo norte no interior da bobina. Torne a retirá-lo lentamente. O que você conclui ?

Conclusão:



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas

4. Aumente a velocidade de aproximação e afastamento do ímã no interior da bobina. O que ocorreu com o módulo do fluxo do campo magnético no interior da bobina. Explique o aumento, ou decréscimo no módulo da fem induzida.

Conclusão:

5. O sinal obtido da tensão no multímetro, quando se aproxima o ímã da bobina, está de acordo com a formulação teórica da lei de Lenz ? Explique

Conclusão

6. O sinal obtido da tensão no multímetro, quando se afasta o ímã da bobina, está de acordo com a formulação teórica da lei de Lenz ? Explique

Conclusão

7. Detalhe todos estes itens durante a confecção do relatório.

Parte 2 - O Transformador

1. Execute a montagem conforme a Figura 4 (sem ligar a fonte).

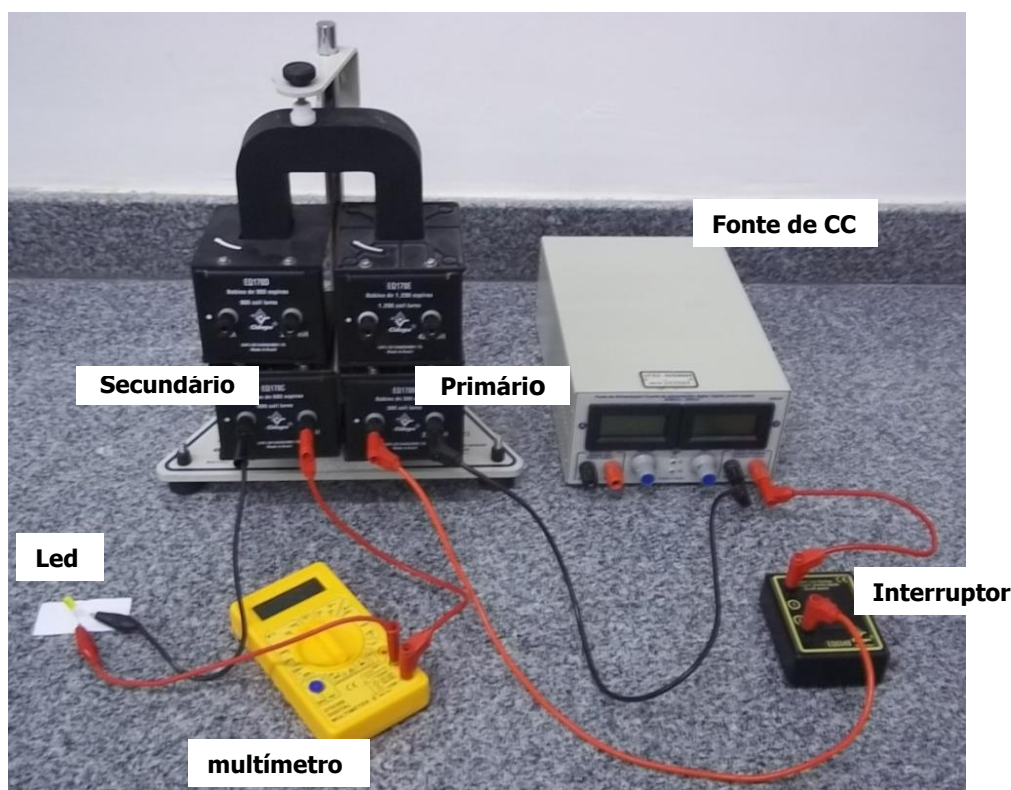


Figura 4 – Montagem experimental para o estudo do transformador.

2. Com o interruptor na posição 1 (aberto), ajuste a fonte de corrente contínua (CC) para **2 V**. Em seguida, ajuste o multímetro para que ele opere como amperímetro. Coloque na escala de miliamper.
3. Acione a chave liga desliga e observe o miliamperímetro do multímetro e o Led.

Observação:

4. Segundo suas observações, o que deve ocorrer com a corrente elétrica, no primário do transformador, para que o processo de indução eletromagnética se desencadeie ?

O que ocorre:



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas

5. Substitua a fonte de tensão contínua, pelo transformador de corrente alternada (CA) 127 V CA/ 6 V CA (Figura 5).

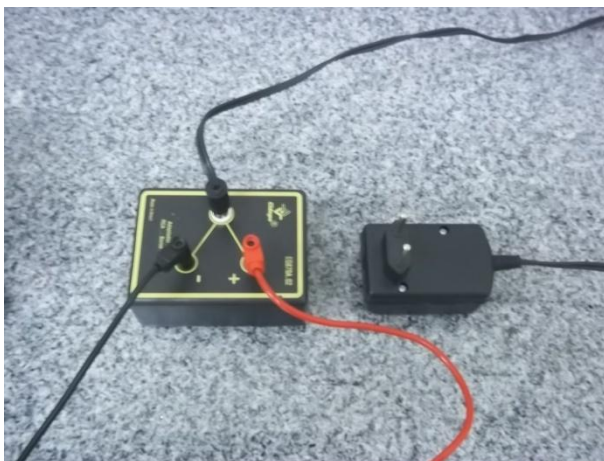


Figura 5 - Conexões do transformador 127 V CA/ 6 V CA.

6. Nesta etapa do experimento, será construído um transformador aumentador de tensão elétrica. Neste caso, usaremos o primário com 300 espiras.
7. Com o aparato experimental desligado da fonte de tensão, conecte um interruptor em série com esta bobina e use um voltímetro para a medição da tensão elétrica no primário.
8. No secundário você utilizará as bobinas, com o número de espiras, iguais a 600, 900 e 1200 espiras. Faça ligações em série para obter 1500, 1800, 2100 espiras.
9. Conecte outro voltímetro na saída da tensão do secundário, com 600 espiras.
10. Peça ao professor ou monitor para realizar uma verificação nas ligações. Ligue a fonte de tensão 6 V CA e o interruptor. Leia os valores de tensão no primário (U_P) do transformador e no secundário (U_S), para cada bobinado no secundário. Complete a Tabela 1.

Tabela 1 - Número de espiras no secundário e tensões no primário e secundário do transformador.

Espiras secundário	600	900	1200	1500	1800	2100
U_P (V)						
U_S (V)						



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
 Departamento de Engenharia e Ciências Exatas

Parte 3 - O Campo Magnético da Terra

1. Tome a bobina com 2 espiras, bem como a fonte de corrente contínua montada neste experimento. Anote o valor.

Obs: Você aprenderá mais sobre o uso desta fonte de corrente contínua, no experimento 4. Peça ao professor que dê uma breve explicação sobre o uso e, as conexões da mesma.

2. Calcule o raio da mesma, utilizando uma régua milimetrada. Faça 5 medidas, para a obtenção de uma média e cálculo da incerteza, $R \pm \Delta R$.

Tabela 1 – Valores medidos para o raio da bobina.

$R_1 =$	$R_2 =$	$R_3 =$	$R_4 =$	$R_5 =$	$R_{\text{médio}} =$	$\pm \Delta R = \sigma$

3. Conecte a entrada da bobina em série com as resistências deste experimento e em série com um amperímetro. Desta forma, variando-se a resistência elétrica, é possível medir diferentes valores de corrente elétrica na bobina e conseqüentemente, de campo magnético.
4. Coloque a bússola sobre o centro de uma das bobinas.
5. Deixe que a agulha da bússola aponte para o norte geográfico. Oriente a espira, de tal forma que o campo magnético produzido por esta (B_{EXT}) seja perpendicular ao campo magnético da Terra.
6. Ligue a fonte de tensão (sob orientação do monitor ou professor) e meça para diferentes conexões nas resistências da fonte, diferentes ângulos de deflexão Φ . Complete a Tabela 2:

Tabela 2 – Valores medidos de ângulo de deflexão em função da corrente nas espiras.

i (A)						
Φ (o)						

1.3.5 O que incluir no Relatório do Experimento

- Detalhamento de todos os procedimentos experimentais e as conclusões obtidas para o entendimento da lei de Faraday.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas

- Sobre a parte 2 deste experimento, construa um gráfico de $V_{\text{sec}}/V_{\text{prim}}$ em função de $N_{\text{sec}}/N_{\text{prim}}$, para as diferentes bobinas no secundário do transformador (já que $N_{\text{prim}} = 300$ espiras). Compare o resultado com o que você esperaria encontrar baseado na relação de transformação para um transformador ideal. Comente e discuta.
- Sobre a parte 3 deste experimento, escreva uma equação que relacione $Tg(\Phi)$, B_{HT} e i . Faça um gráfico em papel milimetrado de $Tg \Phi$ em função de i e obtenha a componente horizontal do campo magnético da Terra com sua incerteza. Adote $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ T.m/A. O valor obtido, estará em unidade de Tesla (T), do sistema internacional de unidades (SI). Compare o valor obtido com o da literatura. Os valores são iguais? Porque?

- Responda as questões:

Um transformador funciona com corrente contínua? Explique porque sim ou porque não.

O que é um transformador ideal? Deduza a relação de transformação de tensões para o transformador ideal.

Para que serve os núcleos magnéticos utilizado nos transformadores? Qual a propriedade física importante que estes núcleos possuem?

O que são correntes de *Foucault* e qual o seu papel no funcionamento dos transformadores?