



universidade de aveiro
theoria poiesis praxis

Unidade Curricular: Mecânica e Campo Eletromagnético (MCE)
Ano Letivo 2021/22

Trabalho Prático 2.1 - Lei da Indução de Faraday

Relatório

João Rodrigo Pinheiro Faria de Andrade, nº mec.: 103361

António Miguel Freitas Costa, nº mec.: 102674

Eduardo José Meneses Alves, nº mec.: 104179

Turma: PL3

1. Introdução Teórica

Vários dispositivos modernos possuem um funcionamento que se baseia em indução eletromagnética. A lei de indução de Faraday, formulada em 1831, descreve a forma como um campo magnético induz a criação de uma força eletromotriz (f.e.m.). Algumas aplicações desta lei são: Geradores; Comboios de levitação; Placas de indução das cozinhas; Captadores de guitarra elétrica; Estações de transmissão de energia sem fios usadas para carregar dispositivos móveis.

A lei de indução de Faraday estabelece que uma alteração no ambiente magnético de uma bobina induz uma f.e.m. que pode ser representada por ε :

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

em que N é o número de espiras da bobina e Φ é o fluxo magnético que passa através da bobina. Para escalas de tempo pequenas $d\Phi/dt$ pode ser aproximado a $\Delta\Phi/\Delta t$.

O fluxo magnético depende da área da bobina A , da intensidade do campo magnético B , e do ângulo θ formado entre as linhas de força do campo magnético e o vetor normal (90°) ao plano da bobina. No caso deste campo ser constante,

$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos \theta \quad (2)$$

Qualquer alteração na intensidade do campo magnético, na área da bobina, ou no ângulo resulta numa f.e.m. induzida que pode ser medida com um galvanómetro é usado para demonstrar os princípios da indução, como demonstrado na figura abaixo.

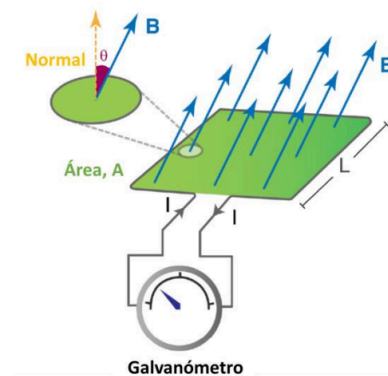


Figura 1. - Circuito elétrico com um galvanómetro e uma bobina quadrada, sob um campo magnético com intensidade B e direção

No caso de um magnete em queda livre, a relação entre a f.e.m. induzida e a taxa de variação do fluxo magnético, indicada pela variação da velocidade do magnete através de uma bobina, pode ser observada. Se houver vácuo dentro do solenóide, então a permissividade é a do espaço livre, $\mu = \mu_0$. Esta equação mostra que a tensão induzida num circuito fechado depende da velocidade com que o fluxo magnético varia no circuito. A

lei de Lenz requer que uma corrente seja produzida no solenóide para criar um fluxo magnético que se opõe à mudança do fluxo magnético produzido pelo magnete em queda. Assim, um campo magnético oposto ao do magnete em barra é produzido conforme este se aproxima do solenóide. À medida que o magnete vai passando pelo solenóide, o campo magnético no solenóide segue na mesma direção que o do magnete, levando a que o magnete descendente sofra efeito de outras forças além da gravidade. No entanto, o peso do magnete é muito maior que as forças magnéticas e aproximamo-nos de um movimento em queda livre. A velocidade do centro da barra magnética que é largada do repouso conforme ele passa pelo centro do solenóide é, portanto, dada por:

$$v = \sqrt{2gh} \quad (3)$$

onde g é a aceleração da gravidade e h é a distância do centro do magnete ao centro do solenóide no instante em que o magnete é largado a partir do repouso.

A utilização de um LED conectado ao solenóide (Figura 2) pode dar uma indicação de f.e.m. induzida resultante da variação de fluxo magnético, mas não fornece dados quantitativos. Através da seguinte equação, podem obter-se dados adicionais:

$$\Phi(t) = B_{max} \cdot Ae^{\left(-\frac{(y(t)-y_0)^2}{\sigma}\right)} \quad (4)$$

onde y representa a coordenada do magnete, y_0 é a coordenada do centro do solenóide, B_{max} é o valor máximo da intensidade do campo magnético e σ é um parâmetro que descreve o decaimento da intensidade do campo magnético.

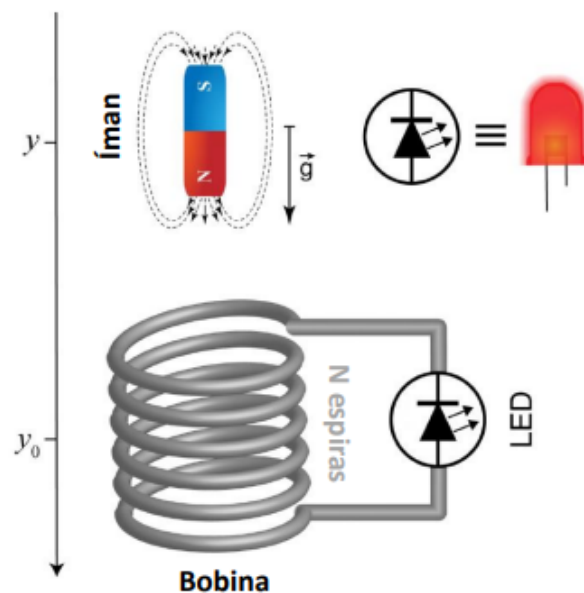


Figura 2. - Representação da experiência com magnete em queda livre utilizando um LED.

2. Sumário

O desenvolvimento deste relatório visa aprofundar o nosso conhecimento sobre a lei de indução de Faraday e a sobre a lei de Lenz. Esperamos, para além disso, ficar aptos para interpretar concisamente problemas que envolvam estas duas leis.

Para isso, utilizámos um magnete, uma bobina ligada a um LED e um computador, para registo dos dados, de modo a podermos realizar esta experiência.

3. Procedimento Experimental

Para esta experiência, libertamos um magnete a três diferentes alturas através de uma bobina, neste caso, de 2000 espiras.

O magnete foi largado, em cada sentido (norte para cima ou sul para cima), a uma altura, h , igual a: 235 mm; 265 mm e 285 mm, esta medição foi feita entre o ponto de onde se largava o magnete e o centro da bobina.

Com recurso ao software PASCO® Capstone conseguimos registar os dados do Tempo, Tensão e Corrente e, com isso, traçar um gráfico que nos permite analisar mais facilmente os mesmos.

4. Análise e Tratamento de Dados

Quanto maior for a altura a que largamos o magneto maior é a tensão (V), isto deve-se à velocidade do magnete (quanto maior for a altura, maior é a velocidade do magneto ao passar pela bobina, visto na fórmula (3)), sendo este um fator importante para a influência no campo magnético.

As linhas de campo eletromagnético repelem-se do pólo Norte e aproximam-se do polo Sul do magneto, os gráficos começam com uma tensão nula pois o magneto não se encontra perto da bobina, quando o Sul se encontra virado para cima, o Norte é o primeiro a entrar na área do campo magnético da bobina, logo as linhas do campo ao se afastarem, causam o aumento da tensão. No caso do Pólo Norte se encontrar virado para cima acontece o oposto, as linhas de campo vão se aproximando do polo Sul e vão se repelindo do Norte fazendo com que a tensão seja inicialmente negativa.

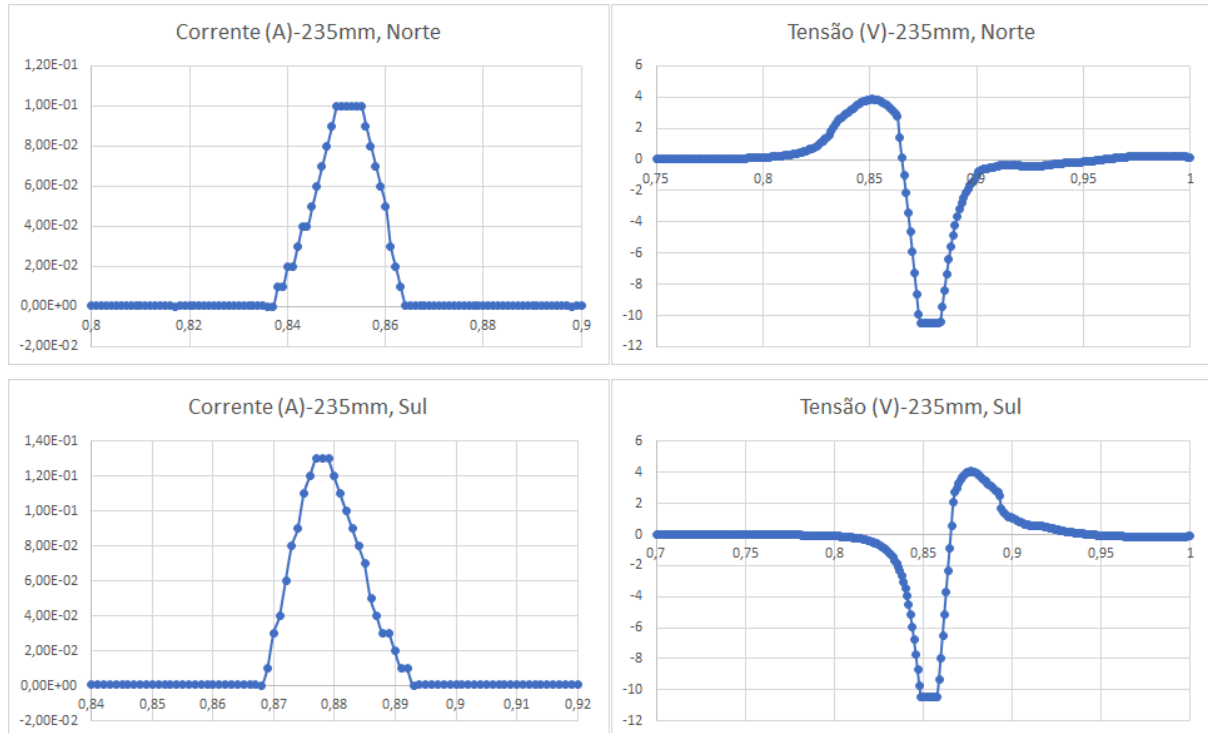
Quando o magneto de encontra no centro da bobina a tensão fica a 0 (fórmula (2) - $\cos\theta = 0$), como podemos analisar em todos os gráficos na secção da análise de resultados, isto deve-se a existir exatamente o mesmo número de espiras para o lado do polo norte como sul. Logo o efeito magnético de um lado é anulado pelo outro, fazendo com que a tensão seja nula.

Após o magneto passar pelo centro da bobina os valores vão ser os inversos pelo mesmo motivo referido acima. É possível confirmar tudo isto nos gráficos apresentados no ponto seguinte.

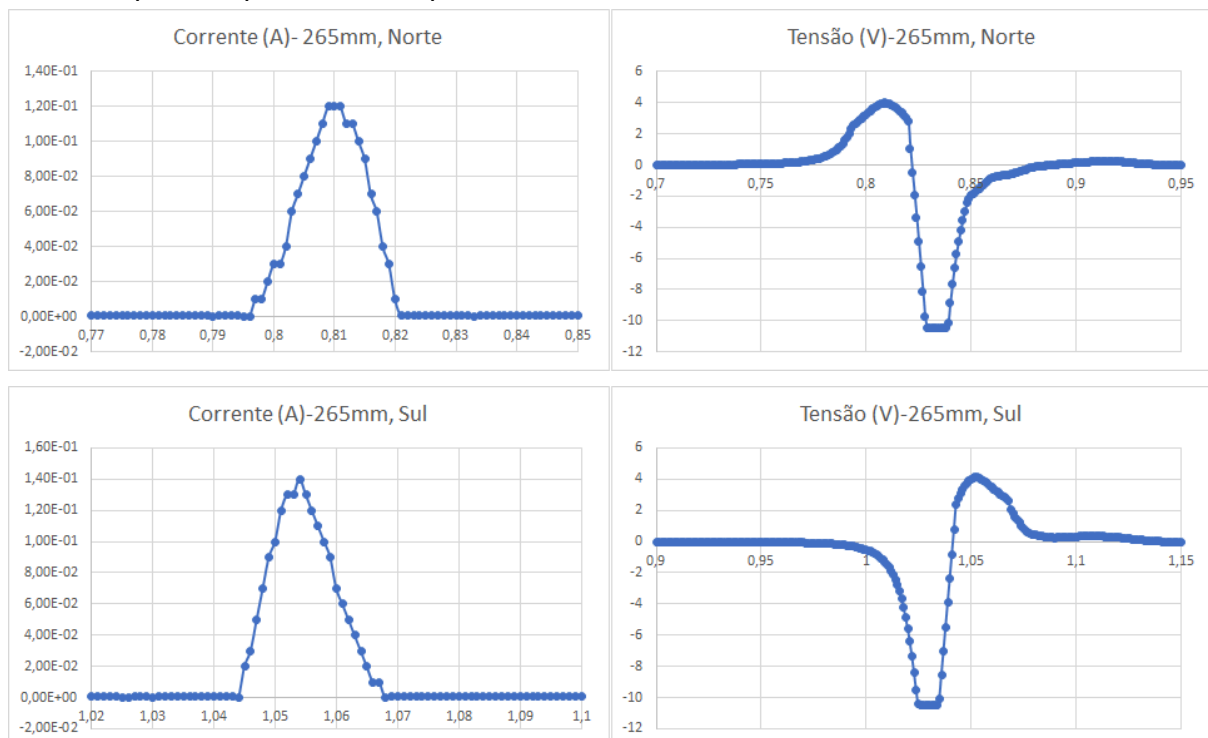
4.1. Apresentação de Dados

Após realizarmos a experiência, obtivemos os seguintes resultados:

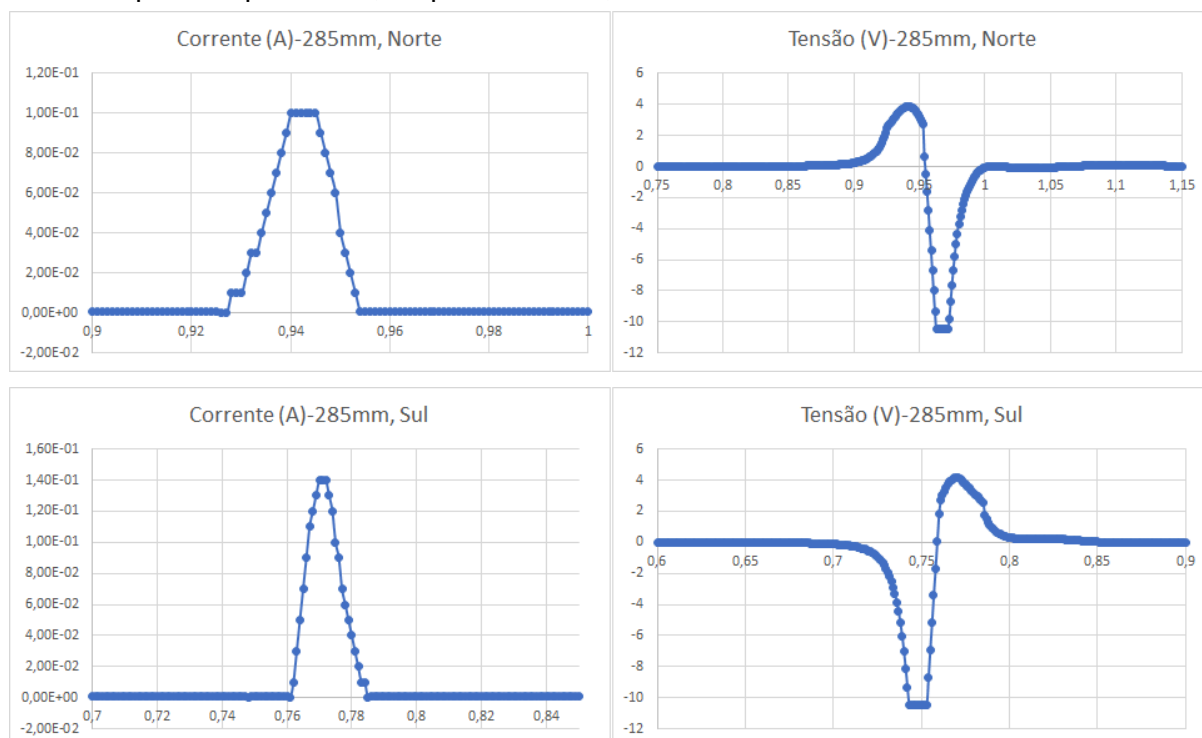
Largando o magnete a uma altura de 235 mm, tendo o magnete o seu pólo norte para cima e tendo o pólo sul para cima, respectivamente, obteve-se:



Largando o magnete a uma altura de 265 mm, tendo o magnete o seu pólo norte para cima e tendo o pólo sul para cima, respectivamente, obteve-se:



Largando o magnete a uma altura de 285 mm, tendo o magnete o seu pólo norte para cima e tendo o pólo sul para cima, respectivamente, obteve-se:



4.2. Erros Experimentais

As limitações do equipamento acabam por dar origem a erros experimentais, sendo a frequência na obtenção de dados a maior fonte de erro. Para além deste, podem ocorrer outros erros, como erros de leitura durante a medição da distância entre a posição inicial do magnete e o centro da bobina, colisões do magnete como o suporte onde foi largado e o ângulo de incidência do magnete ao longo da bobina.

4.3. Conclusão

Os objetivos propostos inicialmente foram cumpridos com sucesso. Acabámos por compreender, de uma forma prática, a Lei de Indução de Faraday e a influência do fluxo magnético na criação de uma força eletromagnética induzida.

Observamos que, à medida que o pólo Norte do magnete se aproximava do centro, ocorria um aumento da f.e.m.; no momento em que o magnete se encontrava no centro, a f.e.m é nula; após a passar pelo centro, o fluxo magnético do polo Sul passa a ter um maior impacto uma vez que se encontra mais próximo à bobina, ocorrendo um aumento da f.e.m., agora no sentido oposto à inicial.

Por fim, podemos concluir que quanto maior a altura a que soltamos o magnete, maior será a velocidade a que este passa pela bobina, originando uma maior variação do fluxo do campo magnético, assim como uma maior força eletromotriz induzida. Para além da altura a que o magnete é solto, um maior número de espiras tem como consequência um aumento da força eletromotriz induzida. É possível verificar um aumento da intensidade da luz emitida pelo LED nesta situação.

4.4. Contribuições dos autores

Na escrita deste relatório todos colaboraram com igual empenho, o que também foi o caso durante as aulas práticas, durante a realização das experiências. Sendo assim, atribuímos uma igual percentagem de colaboração a todos (33,33...%).