

ESTUDO DOS PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO DE UM MOTOR ELÉTRICO ATRAVÉS DE UM EXPERIMENTO MAGNÉTICO DE BAIXO CUSTO

Erikson Alves de Sousa (1); Wellington Miranda Brasil (1); Prof. Dr. Antônio Marques dos Santos (2)

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Maranhão, erikson.alves18@hotmail.com.

Resumo do artigo: Os motores elétricos são usados em equipamentos das mais diversas dimensões, desde pequenos eletrodomésticos até grandes máquinas com potência de muitos quilowatts. O motor vem ganhando gradativamente mais espaço nas grandes indústrias, onde procuram cada vez mais tecnologia e inovação em seus modelos, com isso o estudo dos motores elétricos e seus princípios de funcionamento vem sendo um dos mais importantes tópicos do meio acadêmico. Apesar da variedade dos motores, a maioria utiliza os mesmos princípios de funcionamento, que normalmente são estudados nos cursos de ciências exatas, tais como física, engenharia mecânica e engenharia mecatrônica, todos tendo como disciplina obrigatória o eletromagnetismo, que é de fundamental importância para entendimento do funcionamento de um motor elétrico, que aborda conceitos relacionados a carga elétrica, campos elétricos, corrente, circuitos, indução, campo magnético e etc. Felizmente existe uma grande variedade de experimentos que ilustram o funcionamento desse dispositivo, mais apesar da simplicidade os alunos apresentam dificuldades para identificar elementos físicos fundamentais para seu funcionamento, tais como as direções e os sentidos das forças responsáveis pelo torque no rotor. Nas disciplinas de física a maior parte dos estudantes mostram-se mais interessados em aulas experimentais que em aulas teóricas, onde eles conseguem visualizar mais claramente conteúdos estudados nos livros didáticos, aproximando-os da realidade. Considerando isso, este trabalho teve como objetivo desenvolver um experimento magnético de baixo custo que venha a se assemelhar ao máximo com um motor elétrico simples, que possa facilitar a identificação dos conteúdos físicos envolvidos no seu funcionamento. Finaliza-se o trabalho apresentando um experimento que possibilita o estudo de diversos fenômenos físicos tais como campo magnético, força magnética, lei de Faraday-Lenz, corrente elétrica e outros fenômenos eletromagnéticos, experimento esse que pode interessar desde professores, estudantes e pesquisadores da área.

Palavras-chave: Motor elétrico, Princípios de Funcionamento, Experimento, Eletromagnetismo, Estudo.

INTRODUÇÃO

Boa parte do trabalho do mundo é realizada por motores, cada um desenvolvido de acordo com sua aplicação e especificidade, é indiscutível a importância dos motores elétricos para as atividades cotidianas do ser humano, envolvendo desde trabalhos domésticos, como uma bateadeira, até motores de grandes indústrias. Assim sendo o estudo dos motores está presente nos mais diversos cursos de graduação, entre eles engenharia mecânica, engenharia mecatrônica e física.

Dentre os cientistas que contribuíram para criação do motor elétrico, temos o físico e químico inglês Michael Faraday, que em 1822 fez passar uma corrente contínua através de um condutor colocado entre dois polos de um ímã. Como consequência, esse condutor executou um movimento de rotação, sendo esse provocado pela

interação entre o campo magnético do ímã e o campo magnético gerado pela corrente do fio, assim, estava praticamente criado o motor elétrico.

Mesmo existindo uma grande variedade de motores elétricos, a maioria deles utilizam os mesmos princípios de funcionamento, onde os conteúdos estruturais vêm a apresentar um certo grau de complexidade no seu entendimento teórico. Dentre os conteúdos de física que o aluno deve ter conhecimento para adentrar no estudo de motores elétricos, temos a lei de indução de Faraday-Lenz, uma das quatro leis gerais do eletromagnetismo e base de funcionamento de motores e geradores elétricos, Hallyday afirma:

A lei de indução de Faraday-Lenz: Se o fluxo magnético através de uma área limitada por uma espira condutora fechada varia com o tempo, uma corrente e uma força eletromotriz são produzidas na espira, o sentido da corrente induzida é tal que campo magnético produzido pela corrente se opõe a variação do fluxo magnético que induziu a corrente e a força eletromotriz tem o mesmo sentido que a corrente induzida. Halliday (2010, p.274).

É sabido que temas como indução magnética e força eletromotriz exigem um conhecimento teórico sobre outros fenômenos eletromagnéticos, como o efeito Hall. Quando em 1879 o aluno de doutorado Ediwinn H. Hall, mostrou que elétrons que se movem no interior de um fio de cobre podem ser desviados por um campo magnético, sobre o efeito Hall, Tiple afirma:

Quando cargas estão em movimento em um fio condutor, elas são empurradas para um dos lados do fio. Esse fenômeno nos permite determinar o sinal da carga dos portadores e o número de portadores por unidade de volume, além de se ser um método conveniente para medir campos magnéticos. TIPLE (2009, p.207)

Além dos tópicos de física citados acima, existem outros conceitos importantes para compreensão do funcionamento do motor elétrico, tais como campo magnético, força magnética, torque em uma espira percorrida por corrente, campo magnético, entre outros.

Dentro do meio acadêmico existe uma grande variedade de experimentos que pode apresentar para o aluno de graduação, todos os conteúdos mencionados anteriormente, uma vez que o experimento é um instrumento capaz de construir um conhecimento mais próximo de sua realidade, além de ser facilitador de conhecimentos mais aprofundados quando relacionados aos conhecimentos prévios, aproximando a realidade com o conhecimento científico, Cunha afirma que:

As atividades experimentais permitem aos alunos o

contato com o objeto concreto, tirando-os da zona de equilíbrio e colocando-os em zona de conflito, construindo mais conhecimentos e posteriormente retornando a zona de equilíbrio. (Cunha, 2002 apud Campos et al., 2012, p. 5).

Sendo o eletromagnetismo um dos tópicos mais complexos dentro de física básica, faz com que seus experimentos mesmo apresentando simplicidade na sua geometria e confecção, os alunos mostram dificuldades para determinar seus objetivos, no caso dos experimentos que se assemelham ao motor elétrico, os estudantes apresentam dificuldades para determinar os elementos fundamentais para seu funcionamento, tais como as direções e os sentidos das forças responsáveis pelo torque no rotor. Assim sendo, o objetivo desse trabalho é desenvolver um experimento magnético de baixo custo, que venha a se assemelhar ao máximo com um motor elétrico simples, que possa facilitar a identificação dos conteúdos físicos envolvidos no seu funcionamento.

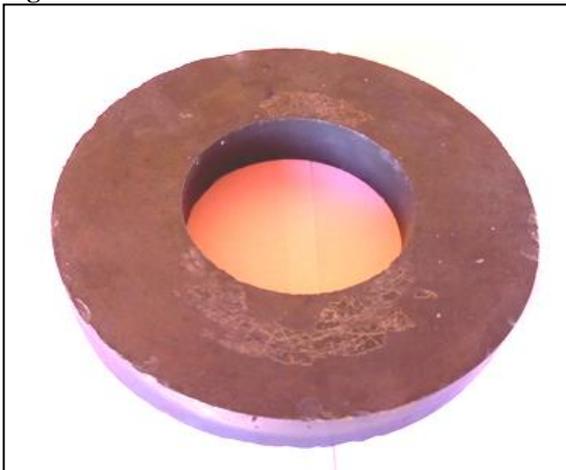
METODOLOGIA

Após uma leitura bibliográfica, listou-se os principais componentes para construção de um motor elétrico, procurando sempre associar os elementos com os quais são fabricados, com os possíveis materiais que possam ser reaproveitados. Para que tenhamos um experimento que se assemelhe ao máximo com um motor elétrico, foi necessário um estator, rotor, fonte de energia elétrica e uma base para estrutura. Os materiais necessários para confecção dos itens citados foram os seguintes:

- 1 Ímã circular de ferite 20cm por 5cm;
- 20 cm de Fio flexível de cobre 10 mm;
- 40 cm de fio de cobre esmaltado 2 mm;
- 1 Fonte de 12v;
- 1 Base Plástica.

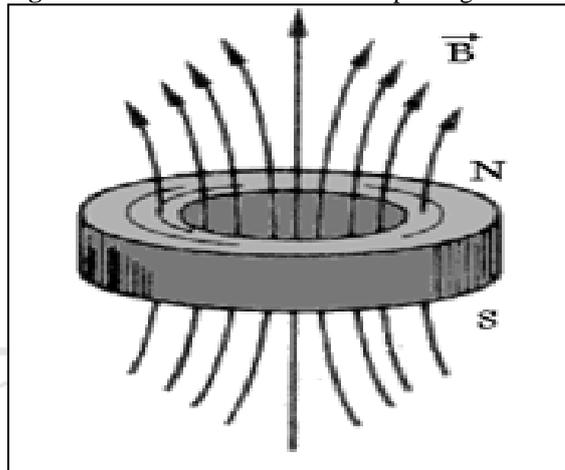
O estator é a parte do motor que se mantém fixo à carcaça e tem por função conduzir o fluxo magnético, pode-se utilizar bobinas ou ímãs para construção de estatores, nesse projeto foi utilizado um ímã ferrite retirado de um alto-falante, o ímã aproveitado pode ser visto na figura 1, e na figura 2 suas respectivas linhas de campo magnético.

Figura 1: Imã de Ferrite.



Fonte: Elaborada pelo autor.

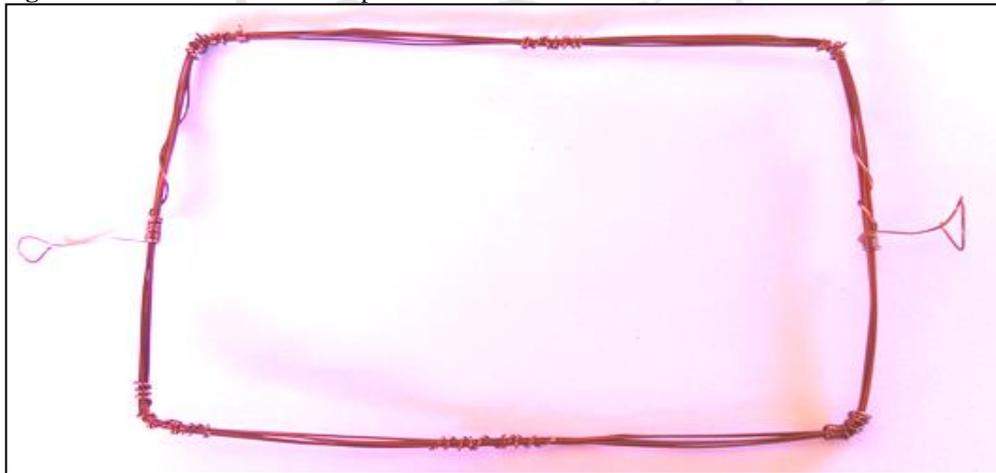
Figura 2: Imã com as linhas de campo magnético.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O rotor é a componente que gira, formado basicamente por um eixo que suporta um conjunto de bobinas enroladas sobre um núcleo que pode girar dentro de um campo magnético. Como um dos objetivos é fazer um experimento o mais simples possível, foi dispensado rolamentos que poderiam facilitar o movimento do eixo, assim foi construído um componente que seria tanto rotor quanto as bobinas, para a bobina foi utilizado 6 espiras retangulares com fio de cobre esmaltado. O dispositivo pode ser visto na figura 3.

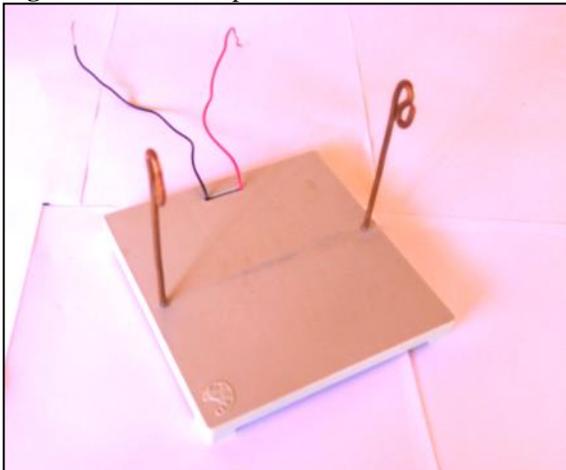
Figura 3: Rotor com bobinas acopladas.



Fonte: Elaborada pelo autor.

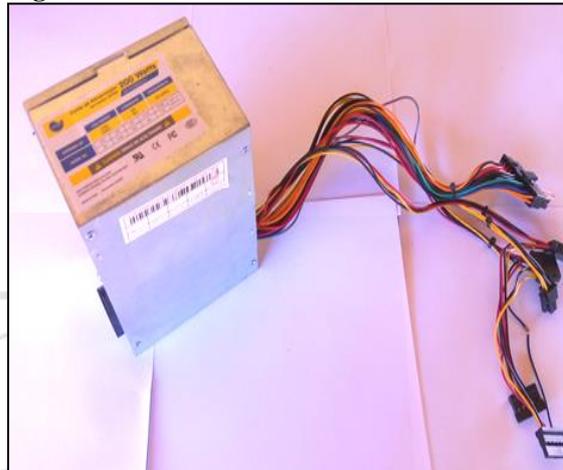
Para estrutura utilizou-se uma base de plástico reciclada da olimpíada brasileira de física e um fio de cobre 10mm, e para fonte de energia utilizou-se uma das saídas de 12v de uma fonte ATX. A utilização da fonte de computador, foi uma alternativa para evitar gastos, mais poderia ser utilizado qualquer outro tipo de fonte de energia elétrica. A base e a fonte podem ser vistas respectivamente nas figuras 4 e 5.

Figura 4: Base do experimento.



Fonte: Elaborado pelo autor.

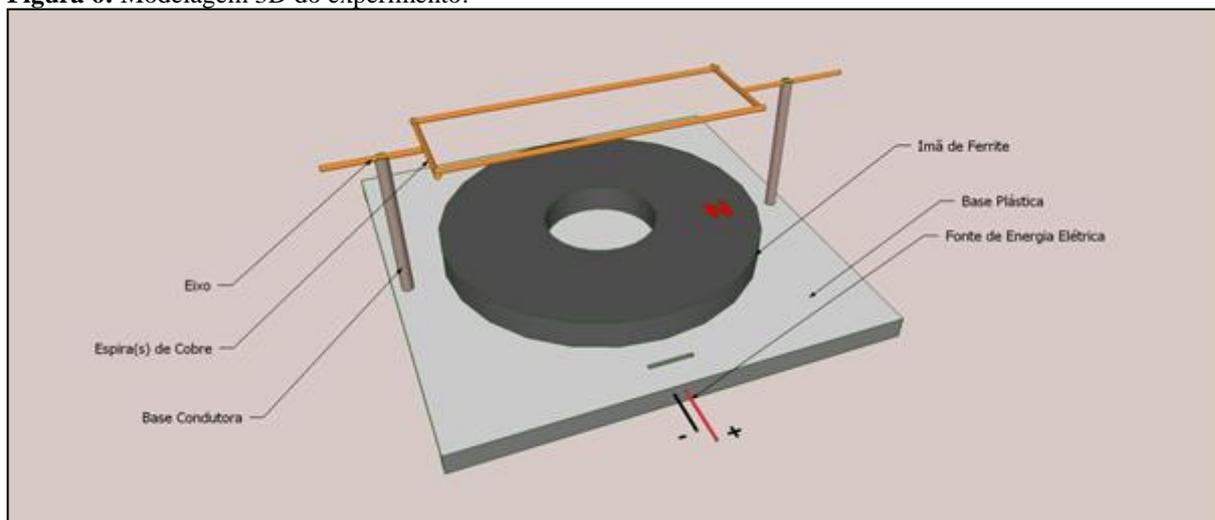
Figura 5: Fonte ATX.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com todos os materiais em mãos, procurou-se antes de fazer a montagem, a elaboração de uma modelagem 3D do experimento, especificando cada componente da armadura. O software utilizado foi o SketchUp Make, uma ferramenta com versões livres que opera num ambiente 3D, possibilitando a criação desde esboços até projetos com precisão de forma simples, assim foi possível descrever cada elemento do experimento e sua respectiva posição relativa. Observando a figura 6 pode-se identificar cada elemento do projeto.

Figura 6: Modelagem 3D do experimento.

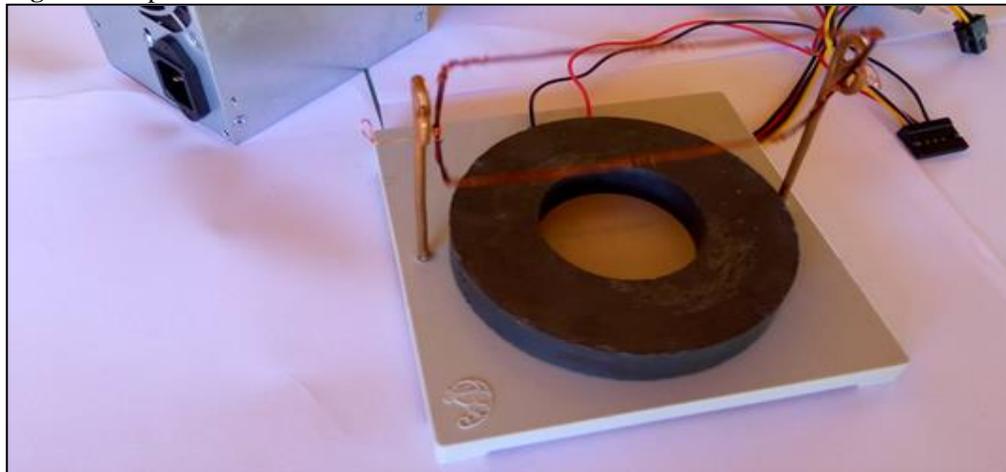


Fonte: Elaborada pelo autor.

Após elaborado a modelagem 3D do experimento, com os elementos em suas respectivas posições teóricas, os alunos envolvidos no projeto procuraram montar o experimento assim como estava previsto no projeto, após ajustes, o experimento teve êxito no seu funcionamento, assim os alunos buscaram estudar

os princípios de funcionamento e expor seus resultados teóricos nos tópicos a seguir, a versão final do experimento pode ser vista na figura 7.

Figura 7: Experimento Montado.



Fonte: Elaborada pelo autor.

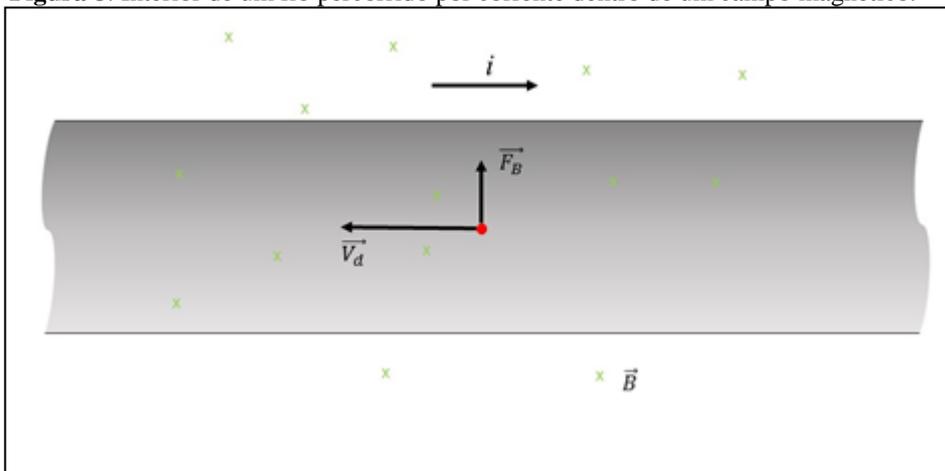
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o curso de eletromagnetismo são estudados fundamentos teóricos, que podem ser observados facilmente no experimento desenvolvido, o principal objetivo seria desenvolver um experimento que apresentasse estrutura de um motor elétrico simples, constituído apenas de uma bobina percorrida por corrente e submetida a um campo magnético (estator). Analisando o experimento a partir de uma imagem 2D podemos identificar diversos conceitos visto no curso de eletromagnetismo, assim as figuras serão vistas em apenas duas dimensões nesse tópico.

Através das figuras 8, 9 e 10 podemos descrever na forma de vetorial as forças (F_1 , F_2 , F_3 e F_4), corrente (i) e campo magnético (B), além de ter melhores condições de analisar as dimensões de cada componente, e a partir das mesmas fazer diversas discussões. Na figura 8 temos uma vista ampliada do que acontece com fio da bobina, sendo o sentido da corrente para a direita, o que significa que a velocidade de deriva da corrente aponta para esquerda, o campo magnético que aqui aponta para dentro do papel¹ faz com que os elétrons e o fio sejam submetidos a uma força magnética para a cima, nessa visão conseguimos ver de forma brilhante o efeito Hall citado anteriormente, na mesma imagem conseguimos ver que se invertermos do sentido do campo magnético ou o sentido da corrente elétrica, a força exercida pelo fio mudara de sentido, apontando para baixo.

¹ O sentido do campo magnético pode ser para dentro do papel representado por cruzes como a traseira de uma seta (vetor), e para fora representado por um ponto sendo a ponta do vetor.

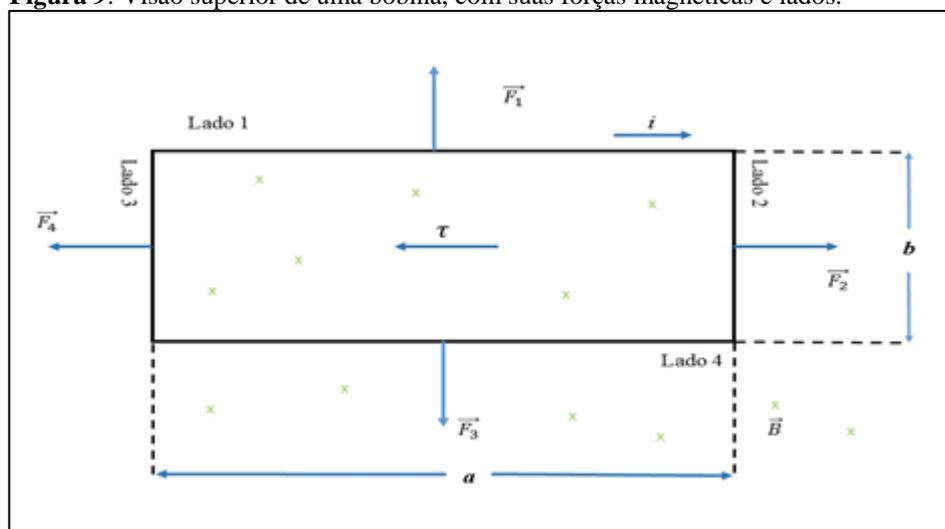
Figura 8: Interior de um fio percorrido por corrente dentro de um campo magnético.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A figura 9 mostra a bobina retangular vista na direção do campo magnético, percebe-se que os lados mais compridos, 1 e 3, estão sempre perpendiculares a direção do campo magnético, mais o mesmo não acontece com os lados mais curtos, 2 e 4. Para podermos definir a orientação da espira em relação ao campo magnético, usamos o vetor norma² n que é sempre perpendicular ao plano da espira. Para determinar a orientação de n é necessário utilizar a regra da mão direita³.

Figura 9: Visão superior de uma bobina, com suas forças magnéticas e lados.



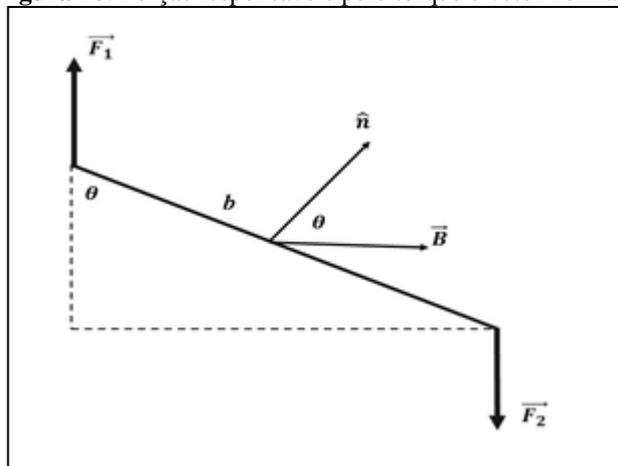
Fonte: Elaborada pelo autor.

² O vetor normal é usado para definir a orientação da espira em relação ao campo magnético, sendo sempre perpendicular ao plano da espira.

³ Na regra da mão direita, o polegar aponta na direção de $V \times B$. Se a carga for positiva a força tem o mesmo sentido de $V \times B$, se negativa sentido oposto.

A figura 10, mostra o vetor normal da espira é posicionado fazendo um ângulo qualquer com a orientação do campo magnético B , podemos definir então a força total e o torque que agem sobre a espira nessa orientação.

Figura 10: Forças responsáveis pelo torque e vetor normal.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A força total que age sobre a espira é a soma vetorial das forças que age sobre os quatro lados. Com base nas figuras 9 e 10 fica fácil de observar que a força F_4 que age sobre o lado 4 tem o mesmo módulo que F_2 e sentido oposto. Assim, F_2 e F_4 se cancelam, assim a força total associada aos lados 2 e 4 é zero, além disso, como as duas forças estão aplicadas ao longo de uma reta que se coincide com o eixo de rotação da espira, o torque total produzido por essas forças também é zero.

Nos lados 1 e 3 acontece algo diferente, as forças F_1 e F_3 não estão aplicadas ao longo da mesma reta e, portanto, o torque associado não é zero. O torque tende a fazer a espira girar em um sentido de tal forma que o vetor normal se alinhe com a direção do campo magnético B . Relacionando devidamente as dimensões da bobina e o ângulo entre o campo magnético pode-se calcular o valor o torque produzido pelas forças F_1 e F_3 . O presente trabalho se limitará em relacionar apenas os conteúdos anteriores, sabendo ainda que o experimento possibilita discursões sobre outros tópicos de física, tais como momento magnético dipolar, circuitos, resistência, corrente e etc.

CONCLUSÕES

O presente artigo buscou trazer aos estudantes de graduação, seja eles de física, engenharia ou outra área de formação, um experimento de baixo custo onde os mesmos consigam identificar tópicos estudados no curso de eletromagnetismo. Apesar da simplicidade do experimento desenvolvido, foi possível estudar,

definir e observar diversos fenômenos físicos, tais como campos magnéticos, lei de indução de Faraday-Lenz, efeito Hall, força magnética, torque em uma espira, força magnética em um fio percorrido por corrente, além de outros conteúdos aqui não são citados. O experimento descreve brilhantemente o funcionamento de um motor elétrico, trazendo principalmente aos alunos de engenharia mecânica, a oportunidade de observar os componentes do mesmo, vistos antes apenas em livros didáticos com demonstrações bem grosseiras. Procurou-se utilizar uma linguagem simples nos resultados e demonstrações, uma vez que o objetivo não era trazer aos leitores demonstrações complexas do funcionamento de um motor elétrico, mais sim definições e explicações simples.

Forneceu-se aqui uma explicação do movimento rotacional pelo rotor de um motor elétrico pela aplicação de forças magnéticas, geradas a partir de ímãs permanentes e eletroímãs, enfatizando reflexões que pretendem contribuir para educadores, alunos, pesquisadores e interessados em geral. Sendo os responsáveis pelo projeto alunos de licenciatura plena em física, pretende-se aplicar o experimento em sala de aula, para fins didáticos, apresentado os resultados em trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GOMES, D. *Eletricidade: acionamento de motores elétricos*. Disponível em:

<<http://pt.scribd.com/doc/3969812/Aula-04-Acionamento-de-Motores-Eletricos>>. Acesso em: 12 set. 2017.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. *Fundamentos de Física, volume 3: Eletromagnetismo*. Tradução de SÉRGIO, Ronaldo. 9ªed. Rio de Janeiro: LTC- Livros Técnicos e Científicos, 2017.

RAMALHO, Francisco; FERRARO, Nicolau; SOARES, Paulo. *Fundamentos da Física 3, volume 2: Eletricidade e Física Moderna*. 9ªed. São Paulo: Moderna, 2007.

TIPLE, Paula; MOSCA, Gene. *Física para Cientistas e Engenheiros, volume 2: Eletricidade e Eletromagnetismo, Óptica*. Tradução de BALZARETTI, Naira. 6ªed. Rio de Janeiro: LTC- Livros Técnicos e Científicos, 2009.

SILVA, Osmar Henrique Moura. *Princípio de funcionamento do motor elétrico universal: reflexão educacional a partir de explicações de uma versão didática tipo série*. Caderno brasileiro de ensino de física. Rio de Janeiro, 2013.

YOUNG, H. D; FREEDMAN, R. A. FÍSICA III: Eletromagnetismo, 12^a Ed. São Paulo:
ABDR, 2009.

