

Construção de um transmissor de energia sem fio: Estudo por indução eletromagnética
Construction of a wireless energy transmitter: Study by electromagnetic induction
Construcción de um transmissor de energia inalámbrico estudio por inducción
electromagnética

Recebido: 18/02/2020 | Revisado: 02/03/2020 | Aceito: 27/04/2020 | Publicado: 28/04/2020

Antônio Marques dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2822-0710>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Brasil

E-mail: antoniomarques.santos@ifma.edu.br

Wellington Miranda Brasil

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, Brasil

E-mail: wellingtonbrasil2009@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4624-5164>

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo mostrar que é possível a transmissão de energia elétrica sem a necessidade de fios utilizando bobinas que por meio da indução eletromagnética permite que haja a transmissão de energia elétrica sem fio. Este estudo é bastante útil pois as tecnologias estão se tornando mais compactas levando a portabilidade de alguns aparelhos como o celular, notebook, smartwatch, dentre outros; e todos estes aparelhos necessitam ser carregado em um certo período, e a possibilidade de transmissão de energia elétrica sem fio seria um ótimo recurso para facilitar a vida de usuários que necessitam destes aparelhos por um tempo prolongado. Além do mais verificaremos a eficácia da energia sem fio, possíveis interferências na transmissão de energia sem fio, e os fenômenos físicos presentes no experimento. Para construção do transmissor de energia sem fio foi realizado um estudo bibliográfico e uma pesquisa sobre maneiras de transmitir energia sem fio e foi escolhido o acoplamento indutivo entre duas bobinas, que poderia usar materiais de fácil acesso, onde os materiais utilizados foram: Fio esmaltado 0,7mm; 4 pilhas de 1,5 Volts cada; 1 transistor KPS2222a; 1 Led, 1 multímetro, 1 fita isolante. Para compreender os fenômenos físicos existentes no experimento foram utilizados: Halliday, Rennick (2016), Nussenzveig (1997), Feynman, Leighton e Sands (2008). A Abordagem da pesquisa é qualitativa sendo de caráter experimental sendo que os dados levantados foram coletados através de experimentos.

Os resultados obtidos nos permite compreender o funcionamento da transmissão de energia sem fio além de constatar a possibilidade de transmitir energia elétrica sem a necessidade de fio. O experimento realizado, além de contribuir para pesquisas acerca de transmissão de energia elétrica sem fio, tem contribuições pedagógicas no processo de ensino como: 1. Definir o fluxo magnético; 2. Constar que a variação do fluxo magnético pode conduzir uma corrente elétrica, 3. Esclarecer a lei de Faraday: que a corrente induzida em um circuito fechado é proporcional a variação do fluxo magnético, 4. Verificar que é possível induzir correntes alternadas. Estas etapas revelam a abrangência da atividade laboratorial, sendo evidente a importância da experiência na área da Física.

Palavras-chave: Transmissão sem fio; indução; energia elétrica, fenômenos físicos.

Abstract

The present work aims to show that it is possible to transmit electrical energy without the need for wires using coils that, by means of electromagnetic induction, allows the transmission of electrical energy wirelessly. This study is very useful because the technologies are becoming more compact, leading to the portability of some devices such as cell phones, notebooks, smartwatch, among others; and all of these devices need to be charged in a certain period, and the possibility of transmitting electric energy wirelessly would be a great resource to facilitate the life of users who need these devices for an extended time. In addition, we will verify the effectiveness of wireless energy, possible interferences in wireless energy transmission, and the physical phenomena present in the experiment. For the construction of the wireless energy transmitter, a bibliographic study and research on ways to transmit wireless energy were carried out, and the inductive coupling between two coils was chosen, which could use easily accessible materials, where the materials used were: Enamelled wire 0,7mm; 4 batteries of 1.5 Volts each; 1 KPS2222a transistor; 1 Led, 1 multimeter, 1 electrical tape. To understand the physical phenomena existing in the experiment, Halliday, Rennick (2016), Nussenzveig (1997), Feynman, Leighton and Sands (2008) were used. The research approach is qualitative, being of an experimental nature, and the data collected were collected through experiments. The results obtained allow us to understand the operation of wireless energy transmission in addition to verifying the possibility of transmitting electrical energy without the need for wire. The experiment carried out, in addition to contributing to research on wireless electrical energy transmission, has pedagogical contributions in the teaching process such as: 1. Defining the magnetic flux; 2. Verify that the variation of the magnetic flux can conduct an electric current, 3. Clarify

Faraday's law: that the current induced in a closed circuit is proportional to the variation of the magnetic flux, 4. Verify that it is possible to induce alternating currents. These steps reveal the scope of the laboratory activity, being evident the importance of the experience in the area of Physics.

Keywords: Wireless transmission; induction; electric power; physical phenomena.

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo mostrar que es posible transmitir energía eléctrica sin la necesidad de cables que utilizan bobinas que, mediante inducción electromagnética, permiten la transmisión de energía eléctrica de forma inalámbrica. Este estudio es muy útil porque las tecnologías se están volviendo más compactas, lo que lleva a la portabilidad de algunos dispositivos como teléfonos celulares, computadoras portátiles, relojes inteligentes, entre otros; y todos estos dispositivos deben cargarse en un período determinado, y la posibilidad de transmitir energía eléctrica de forma inalámbrica sería un gran recurso para facilitar la vida de los usuarios que necesitan estos dispositivos durante un tiempo prolongado. Además, verificaremos la efectividad de la energía inalámbrica, las posibles interferencias en la transmisión de energía inalámbrica y los fenómenos físicos presentes en el experimento. Para la construcción del transmisor inalámbrico de energía, se llevó a cabo un estudio bibliográfico e investigación sobre las formas de transmitir energía inalámbrica, y se eligió el acoplamiento inductivo entre dos bobinas, que podría utilizar materiales de fácil acceso, donde los materiales utilizados fueron: Alambre esmaltado 0.7 mm; 4 baterías de 1.5 voltios cada una; 1 transistor KPS2222a; 1 Led, 1 multímetro, 1 cinta aislante. Para comprender los fenómenos físicos existentes en el experimento, se utilizaron Halliday, Rennick (2016), Nussenzveig (1997), Feynman, Leighton y Sands (2008). El enfoque de investigación es cualitativo, de naturaleza experimental, y los datos recopilados se obtuvieron mediante experimentos. Los resultados obtenidos nos permiten comprender el funcionamiento de la transmisión inalámbrica de energía además de verificar la posibilidad de transmitir energía eléctrica sin necesidad de cables. El experimento llevado a cabo, además de contribuir a la investigación sobre la transmisión inalámbrica de energía eléctrica, tiene contribuciones pedagógicas en el proceso de enseñanza, tales como: 1. Definición del flujo magnético; 2. Verifique que la variación del flujo magnético pueda conducir una corriente eléctrica, 3. Aclare la ley de Faraday: que la corriente inducida en un circuito cerrado es proporcional a la variación del flujo magnético, 4. Verifique que sea posible inducir corrientes alternas. Estos

passos revelam o alcance da atividade de laboratório, sendo evidente a importância da experiência na área de Física.

Palavras chave: Transmissão inalábrica; indução; energia elétrica; fenômenos físicos

1. Introdução

A energia sem fio já era estudada pelo físico e engenheiro Nikola Tesla por volta de 1890 por meio da conhecida Bobina de Tesla, que por experimentos conseguiu iluminar um tubo de vácuo sem a necessidade de fio, através de ondas eletromagnéticas. Esse cientista pretendia tornar essa forma de distribuição de energia acessível a todos, o que em seu tempo era visto como algo impraticável por seus colegas. Mas o que parecia impossível na época, hoje se faz totalmente necessário, uma vez que fazemos uso da energia elétrica presentes em diversos aparelhos no nosso dia-a-dia, a exemplo deles, televisões, celulares, carros elétricos, sons, entre outros.

Seria estupefante estar finalizando seu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) em seu notebook e ele descarrega, pois a fonte não estava em seus pertences, não dando-lhe tempo de você salvar as alterações feitas em sua monografia. Agora imagine um dia em que não irá precisar se preocupar em plugar os aparelhos elétricos na tomada para que possam funcionar, já que esse novo aparelho que está utilizando capta energia no ar. Parece uma ciência bastante futurística ou até mesmo de outro mundo, porém é um recurso que não está muito distante da nossa realidade.

As ondas eletromagnéticas foram previstas teoricamente por James Clerk Maxwell, posteriormente essas ondas foram comprovadas experimentalmente em 1887 por Heinrich Hertz. Ondas eletromagnéticas geradas por um circuito transmissor são capazes de induzir tensões elétricas em circuito receptor (Witricity, 2012).

Esse processo de transmitir energia sem fio é também utilizado na transmissão de dados nos meios de comunicação, ou seja, em um futuro próximo quaisquer aparelhos que tenham antena receberão energia, assim como, o celular que pega sinal wireless, onde disponível.

Esse meio de transmissão de energia traz muitos benefícios como, a eliminação de fios para carregar seus aparelhos, eliminando a utilização de cabos emaranhados ou até mesmo conectores genéricos que podem causar acidentes; entretanto, sabe que se uma pessoa colocar o dedo na tomada, levará um choque desagradável; isso leva-nos a uma indagação, “é possível levar choque no ar?”. Essa indagação tende a ser respondida na metodologia, onde todo

processo experimental será descrito, visto que por meio da investigação pode-se construir conhecimento e informação fazendo que a humanidade evolua no âmbito científico e tecnológico. Segundo (Gil, 2008), afirma que:

De modo geral, o experimento representa o melhor exemplo de pesquisa científica. Essencialmente, o delineamento experimental consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir formas de controle e de efeito que a variável produz no objeto.

Logo a experimentação é um tipo de pesquisa que transforma a hipótese em fatos. Lembrado que a hipótese é o passo primordial para uma pesquisa científica, para Goode e (Hatt, 1969), “é uma proposição que pode ser colocada à prova para determinar sua validade”, ou seja, a hipótese é uma suposta respostas para o problema a ser investigado.

Nas últimas décadas vivencia-se em uma sociedade norteada de tecnologias em hardware e software, que estão em caminho de compactação dos aparelhos, levando-os a portabilidade deles. Todos os aparelhos eletrônicos têm em comum a necessidade do uso de energia elétrica para estarem ligados. Alguns aparelhos já veem com bateria otimizadas para manter o equipamento, com um tempo maior de utilização; um exemplo é o *notebook*, enquanto o desktop precisa estar plugado a uma *fonte de alimentação* para manter-se ligado, o notebook não necessita de um, exceto quando sua bateria perde toda a sua carga. Pensando no bem estar e no progresso da sociedade e em específico, eliminar a necessidade de um carregador para seu aparelho, este trabalho irá abordar por intermédio da experimentação, de transmissão de energia elétrica sem a necessidade de fios, a fim de facilitar o dia a dia das pessoas no futuro.

Diante disso, a pesquisa em questão teve como finalidade desvendar a problemática: De que maneira o campo magnético permite a transmissão de energia sem fio? Para responder a essa indagação tivemos como objetivo geral desta pesquisa: Construir um equipamento que transmita energia pelo ar, e receba eletricidade sem a utilização de fios por meio da indução de um campo magnético verificando através de testes, a possibilidade de transmissão de energia sem fio.

Tendo como objetivos específicos da pesquisa: Verificar a eficiência da transmissão de energia com diferentes materiais, tais como: ferromagnéticos e não-ferromagnéticos; Verificar a eficiência da energia sem fio; Investigar o aproveitamento do experimento da

transmissão de energia sem fio sendo estudado os fenômenos físicos que estão presentes, a fim de servir como apoio ao leitor para enxergar as aplicações da física.

2. Metodologia

A pesquisa tem como finalidade contribuir para o desenvolvimento da humanidade em diversos setores como o meio econômico, social, político, militar e intelectual. No ensino superior o desenvolvimento da pesquisa é de fundamental e deve ter como finalidade direcionar o docente a pesquisa científica. De acordo com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação – (LDB, 1998)

O ensino superior tem por finalidade o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho, bem como deve estimular a criação cultural, o desenvolvimento do espírito científico e do pensamento reflexivo, o incentivo ao trabalho de pesquisa e a investigação científica, com vistas ao desenvolvimento da ciência e da tecnologia e da criação e difusão da cultura, e, desse modo, desenvolver o entendimento do homem e do meio em que vive, além da promoção e da divulgação de conhecimentos culturais, científicos e técnicos que constituem patrimônio da humanidade e comunicação do saber através do ensino, de publicações ou de outras formas de comunicação. Uma das alternativas em busca do conhecimento é o ensino através da pesquisa, desenvolvendo a autonomia dos alunos, instigando-os a questionamentos constantes.

Portanto, a pesquisa tem um papel importante na formação do indivíduo, proporcionando o desenvolvimento da autonomia intelectual desses sujeitos superando as ideais que eles obtêm em relação ao senso comum. Nos experimentos o pesquisador terá que ter uma visão científica e indagadora para obter resultados confiáveis.

Mediante a isso com o propósito de investigar a transmissão de energia sem fio a partir de experimentos confeccionados com materiais de baixo custo, optou-se pela a utilização da abordagem qualitativa que busca entender os efeitos e causas de como ocorre essa transmissão a partir de materiais alternativos. (Godoy, 1995), afirma que: “O interesse dos investigadores está em verificar como determinado fenômeno se manifesta nas atividades, procedimentos e

interações diárias”. Assim a abordagem qualitativa visa descrever diferentes técnicas com objetivo de decodificar um sistema com componentes complexas, o estudo qualitativo pode ser feito no local onde está sendo coletado os dados não evitando que o pesquisador de aplicar a lógica científica.

Segundo (Manning, 1979), afirma que: “O desenvolvimento de um estudo de pesquisa qualitativa supõe um corte temporal-espacial de determinado fenômeno por parte do pesquisador. Esse corte define o campo e a dimensão em que o trabalho desenvolver-se-á, isto é, o território a ser mapeado”. Sendo que os métodos qualitativos se assemelham a descodificação de fenômenos. O trabalho apresentado tem caráter fundamental em um estudo qualitativo, pois é por meio dele que os dados são coletados experimentalmente.

O caráter da pesquisa é de cunho experimental mediante a utilização de experimentos de materiais alternativos. O experimento é um: método fundamental para verificar os resultados que é produzido por uma variável como o ambiente que experimento está sendo submetido. Segundo (Fonseca, 2002), afirma que:

A pesquisa experimental seleciona grupos de assuntos coincidentes, submete-se aos tratamentos diferentes, verificando as variáveis estranhas e checando se as diferenças observadas nas respostas são estatisticamente significantes. [...]. Os efeitos observados nas respostas são relacionados com as variações nos estímulos, pois o propósito da pesquisa experimental é apreender as relações de causa e efeito ao eliminar explicações conflitantes das descobertas realizadas.

Assim entende-se que “comprovar” ou “demonstrar” leis e teorias por atividades experimentais são importantes por representarem uma dimensão da própria ciência.

Instrumento de coleta de dados

O instrumento utilizado para a coleta de dados foi a realização de um experimento confeccionado a partir de materiais alternativos, sendo que alguns equipamentos foram adquiridos na cidade em que foi realizado o estudo com a finalidade de demonstrar como ocorre a transmissão de energia sem fio.

Para construção do transmissor de energia sem fio foi realizado um estudo bibliográfico e uma pesquisa sobre maneiras de transmitir energia sem fio e foi escolhido o

acoplamento indutivo entre duas bobinas, que poderia usar materiais de fácil acesso, onde os materiais utilizados foram: Fio esmaltado 0,7mm; 4 pilhas de 1,5 Volts cada; 1 transistor KPS2222a; 1 Led, 1 multímetro, 1 fita isolante.

No processo de adquirir todos os materiais a serem utilizados no experimento, o que deu mais trabalho de encontrar foi a obtenção dos transistores. Após a recolha de todos os materiais necessários, o primeiro passo foi a construção da bobina secundária onde utilizou-se $5,76 \pm 1 m$ de fio de cobre de secção correspondente a 0,7 mm. Como suporte auxiliar optou-se por um copo de alumínio de diâmetro de $0,07 \pm 1 m$. Enrolou-se os fios em volta do tronco do copo, dando 24 voltas em torno do suporte e depois a mesma foi conectada ao um Led.

Uma figura da Bobina secundária montada com suas devidas ferramentas pode ser vista na figura da página seguinte.

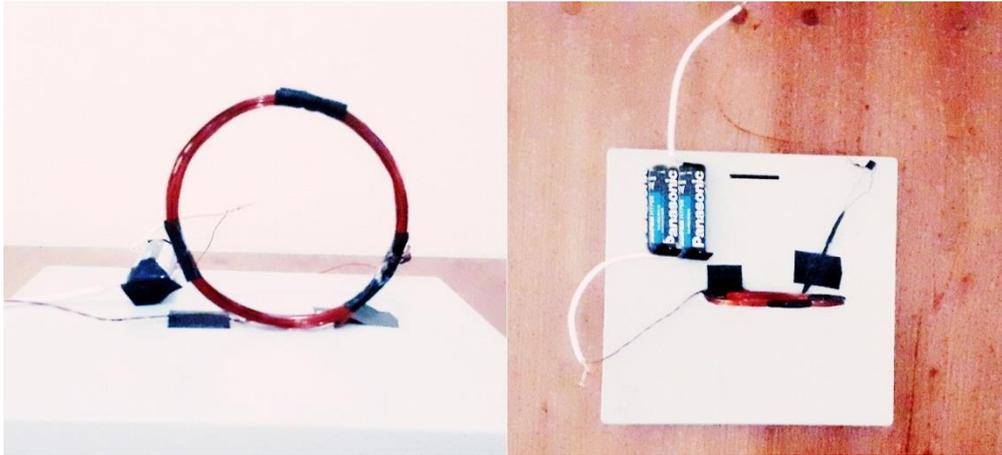
Figura 1. Bobina secundaria conectada a uma LED.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A bobina primária foi dada 24 voltas, sendo que enrolou-se 12 voltas em torno do copo de alumínio e foi feita uma ponte, e depois feita mais 12 voltas. Nesta bobina foi ligada duas pilhas de 1,5 volts cada, totalizando 3 volts e também foi ligado um transistor na mesma bobina com intuito de fazer a corrente variar. É possível ver a bobina primária na figura abaixo.

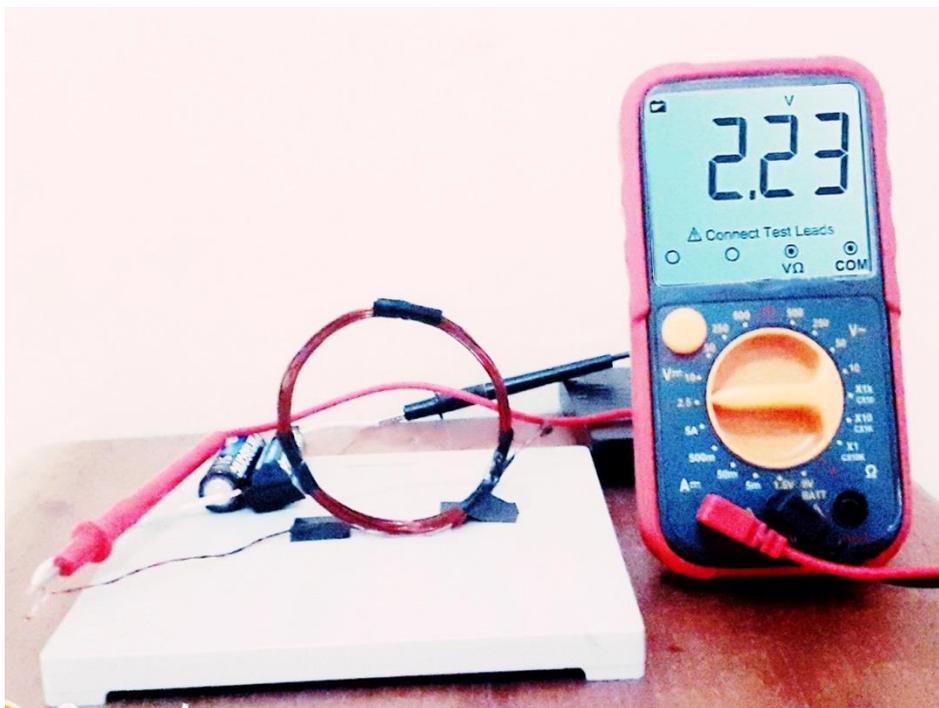
Figura 2. Bobina primária ligada a um transistor e uma pilha de 1,5 volts.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Tendo a bobina primária e secundária sido efetuadas, o próximo passo foi verificar a tensão que passava pela bobina primária, onde se utilizou o multímetro e obtivemos o valor de 2,23 volts passando na bobina primária. Pode-se verificar esse dado obtido na imagem abaixo.

Figura 3. Tensão recebida na bobina 1.



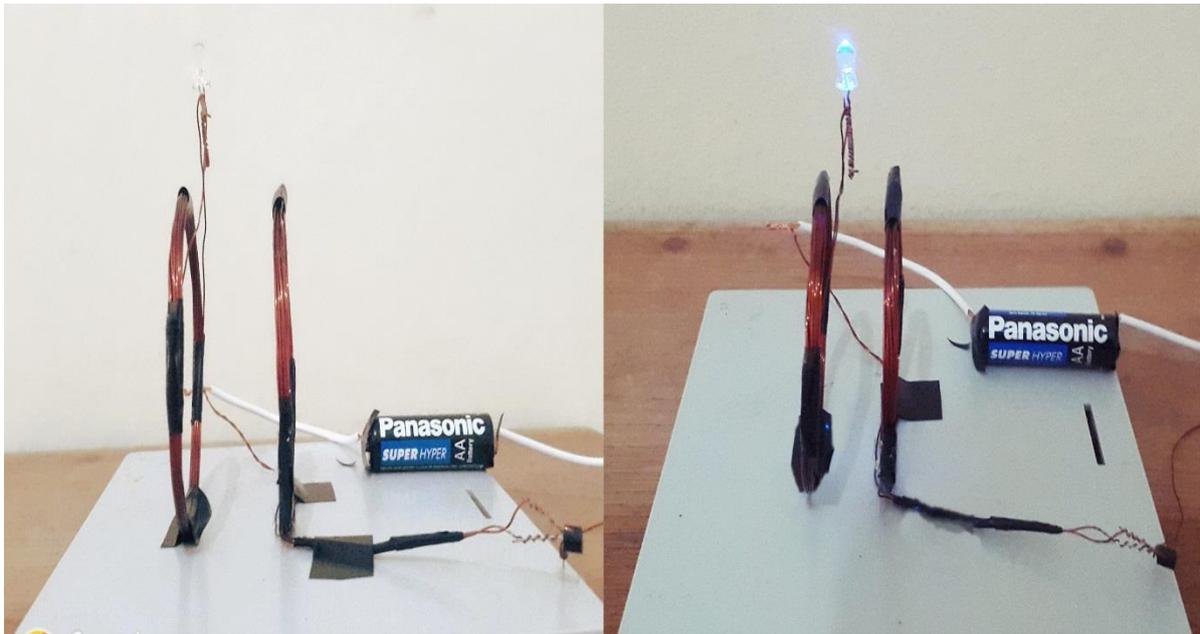
Fonte: Elaborada pelo autor.

E o processo final do experimento foi verificar se o processo de transmissão de energia sem fio iria funcionar. Essa fase do experimento foi feita em duas etapas: a primeira foi verificar se a bobina secundária recebia corrente da bobina primária através do ar e a segunda etapa foi

verificar se a bobina secundária receberia corrente caso houvesse um objeto entre as duas bobinas.

Para dá início a primeira etapa, vamos usar o método de transmissão de energia por acoplamento entre as bobinas, onde foram colocadas de forma coaxial e afastadas a uma certa distância **4 cm**, conforme mostrado na figura 3.

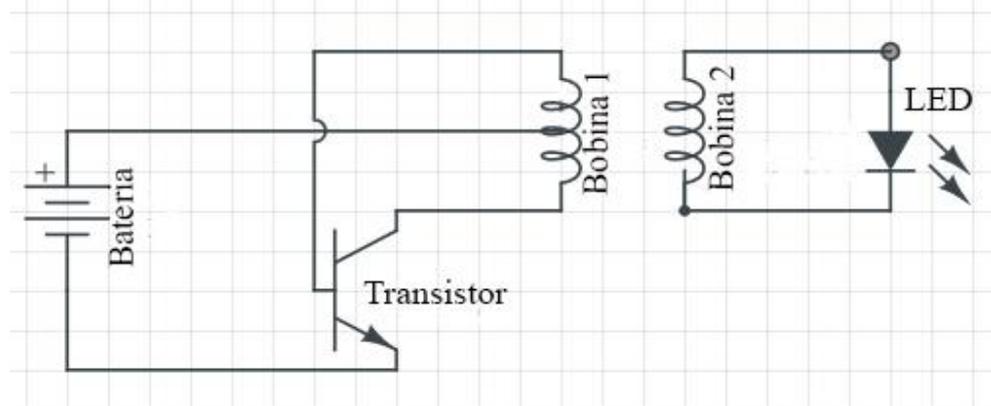
Figura 4. Bobina primaria e secundaria acopladas.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Neste mesmo procedimento de acoplamento entre as bobinas 1 e 2 foram coletados dados sobre a corrente elétrica na bobina secundária, colocando até 7cm de distância da bobina primaria para verificar a eficiência da transmissão. Na figura abaixo está o experimento representado em circuito.

Figura 5. Circuito do experimento do equipamento transmissor de energia sem fio.



Fonte: Elaborada pelo autor.

No circuito transmissor representado na figura 15.1, no primeiro instante a bobina primária está polarizada positivamente com uma tensão $2,23\text{V} \pm 1$; logo em seguida a base do transistor é alimentada, polarizando negativamente a bobina 1, fazendo os elétrons ora percorrer um sentido ora percorrer em outro, fazendo a corrente ficar alternada, assim a bobina secundária é excitada pelo campo magnético produzido pela bobina primária fazendo o ascender a LED da bobina 2.

Na segunda etapa foi feito o mesmo procedimento do que ocorreu na primeira, salvo que neste experimento foi colocado um objeto no meio, um não ferromagnético e outro ferromagnético, para verificar se a bobina 2 iria receber a corrente induzida; veja o experimento na figura abaixo

Figura 6. Bobinas acopladas com objetos entre ela.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Ainda nessa etapa do experimento foi verificado a hipótese que foi levantada na introdução, sobre a possibilidade de levar choque no ar o que não aconteceu, a cobaia colocou a sua mão entre a bobina 1 e a bobina 2, separadas 4 cm de distância e não houve interferência do fluxo de energia para bobina 2 nem tão pouco a cobaia sofreu choques elétricos. Veja a foto deste experimento na figura abaixo.

Figura 7. Cobaia utilizada para verificar possível choque no meio.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Nesta etapa do experimento de transmissão de energia sem fio, as bobinas foram colocadas em distâncias específicas a fim de verificar a eficiência do recebimento da corrente induzida para bobina 2.

3. Resultados e Discursões

Neste tópico analisaremos os dados obtidos no experimento e discutiremos acerca dos dois objetivos propostos, que são: analisar a capacidade de transmissão de energia, verificar possíveis interferências no meio, apresentação dos fenômenos físicos presente no experimento de transmissão de energia sem fio.

Capacidade de transmissão de energia sem fio

Ao finalizar a construção do protótipo de transmissão de energia sem fio, foram coletados os dados através do experimento para poder efetuar a qualidade do meio de transmissão por acoplamento indutivo. A bobina secundária foi colocada de 0 a 6 cm de distância da bobina primária, mantendo a tensão de 3 volts, para a bobina de 0,07 m de diâmetro e assim obtivemos correntes diferentes ao medir a tensão da bobina 2, conforme mostra a tabela abaixo.

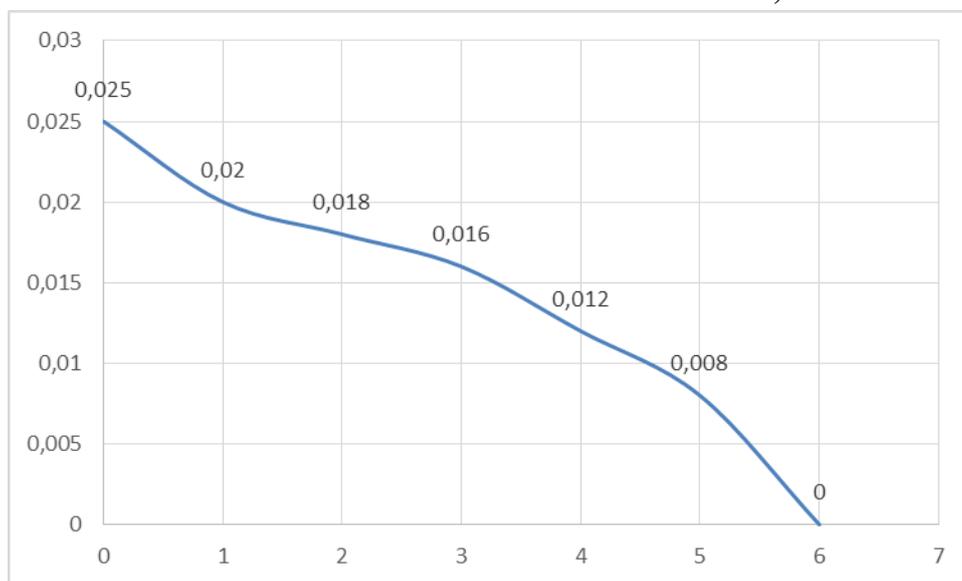
Tabela 1. Medições realizadas entre a bobina 1 e a bobina 2 de diâmetro de 0,07 m.

Medições realizadas	
Distância (cm)	Corrente (A)
0	0,025
1	0,020
2	0,018
3	0,016
4	0,012
5	0,008
6	0,00

Fonte: Elaborada pelo autor.

Por meio dos dados presentes na tabela 1, nota-se que a medida que a bobina secundária está a uma distância considerável da bobina primária, a intensidade da corrente elétrica vai diminuindo, ou seja, quanto maior a distância entre as bobinas menor será o aproveitamento e a eficiência; e ao que corresponde os experimentos da figura 17, não houve alteração na corrente que chegou na bobina secundária, também não existiu alteração da corrente ao que corresponde ao experimento da figura 16 (correspondente ao material não ferromagnético). É possível ter uma melhor visualização do rendimento da corrente (valores da tabela 1) no gráfico abaixo.

Gráfico 1. Corrente da bobina secundaria de 0,07 m.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Por meio desta representação gráfica, é possível notar que a corrente vai decaindo cada vez que a distância vai aumentando, fazendo-nos constatar que a distância entre a bobina 1 e a bobina 2 deve ser limitada, pois quanto maior a distância maior terá que ser a tensão da fonte de alimentação, porque uma tensão elevada aumenta o campo magnético. A distância onde obteve um rendimento considerável da corrente induzida na bobina receptora foi de 4 centímetros, a partir de 5 centímetros o valor cai **0,04A**, constatando que os valores são bastantes sensíveis a mudança de posicionamento dos indutores.

A fim de verificar se o diâmetro da bobina secundária afetaria nos valores obtidos, optou-se por construir uma bobina de diâmetro de **5cm**, os dados coletados desta bobina receptora, alterou a eficiência da transmissão em relação a corrente da bobina secundária de 7 cm de diâmetro. A bobina primária foi colocada acoplada com a bobina secundária de diâmetro menor, e pode-se ascender na LED na bobina receptora, conforme a imagem abaixo.

Figura 8. Bobina de 5 cm acoplada com uma de 7 cm.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Da mesma maneira que foi efetuado no primeiro experimento foi colocado a bobina secundária em distancias diferentes, a fim de observar, se por ser de um diâmetro menor a corrente elétrica nela iria ter um maior aproveitamento. Os dados encontrados estão na tabela abaixo:

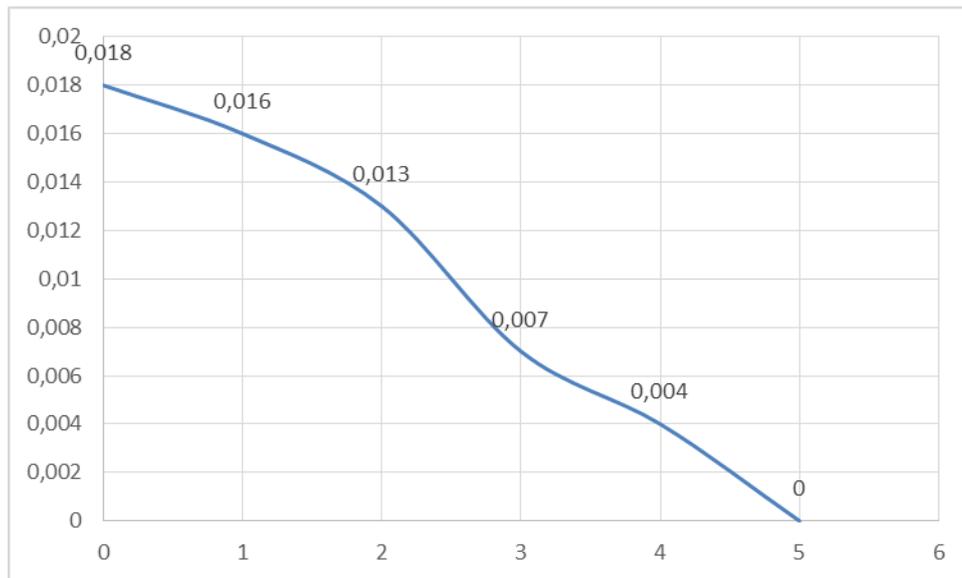
Tabela 2. Medições realizadas entre a bobina 1 e a bobina 2 de diâmetro De 0,05 m.

Medições realizadas	
Distancia (cm)	Corrente (A)
0	0,018
1	0,016
2	0,013
3	0,07
4	0,04
5	0

Fonte: Elaborada pelo autor.

Logo a distância máxima da bobina foi 4 cm, constando assim que uma bobina de diâmetro maior tem melhor capacidade de receber corrente induzida. É possível ter uma melhor compreensão destes dados conforme o gráfico abaixo,

Gráfico 2. Corrente da bobina secundária de 0,07 m.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Nota-se que a melhor distância para a bobina receptora ter um resultado eficaz foi na posição zero cujo resultado foi **0,0184**, na qual em comparação com a bobina receptora que teve esse resultado na posição dois (olhe a tabela 1). Neste mesmo experimento é notável que a distância é uma variável importante na transmissão, pois apesar da bobina ser menor a eficiência da transmissão foi diminuindo em relação à distância.

Verificação de possíveis interferências no meio

No experimento da figura 16 foram colocados materiais diferentes entre a bobina para verificar a eficiência da transmissão, e apresentou os seguintes resultados.

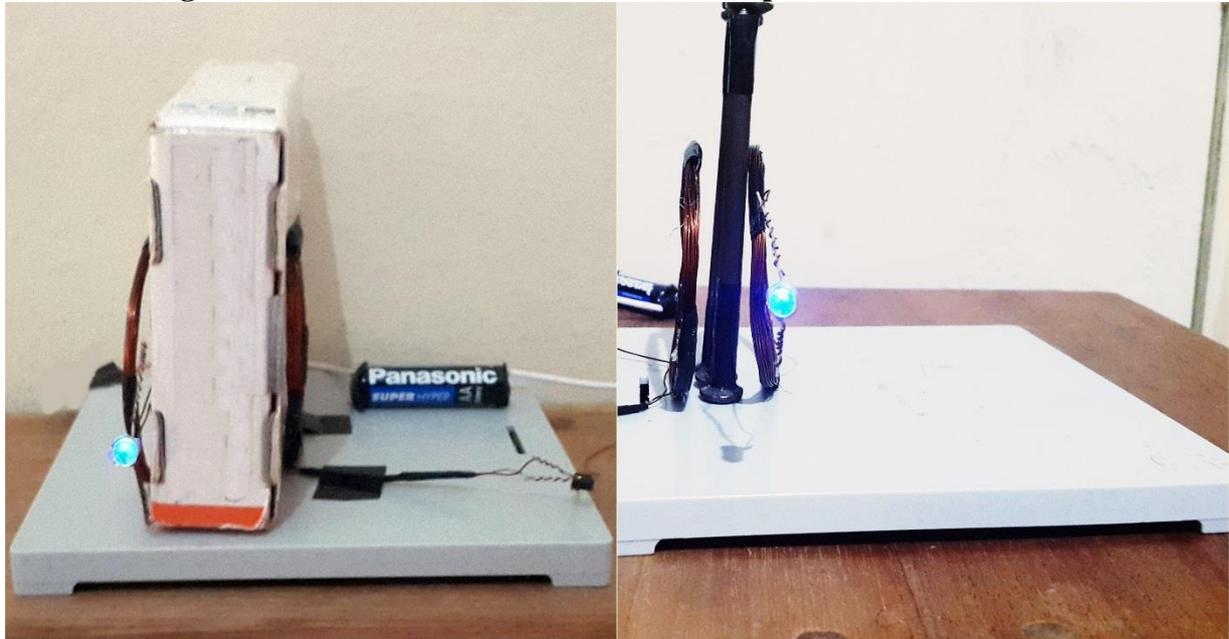
Tabela 3. Valores da tensão na bobina 1 e 2.

Tipo de obstrução	Tensão na bobina emissora	Tensão na bobina receptora	Eficiência alcançada
Sem obstrução	2,24 V	1,15V	51%
Obstrução não ferromagnética	2,23 V	1,15V	51%
Obstrução ferromagnética	2,14V	0,85V	39%

Fonte: Elaborada pelo autor.

Nas figuras abaixo é possível observar as fotografias no instante que os materiais foram introduzidos no espaço existente entre as bobinas.

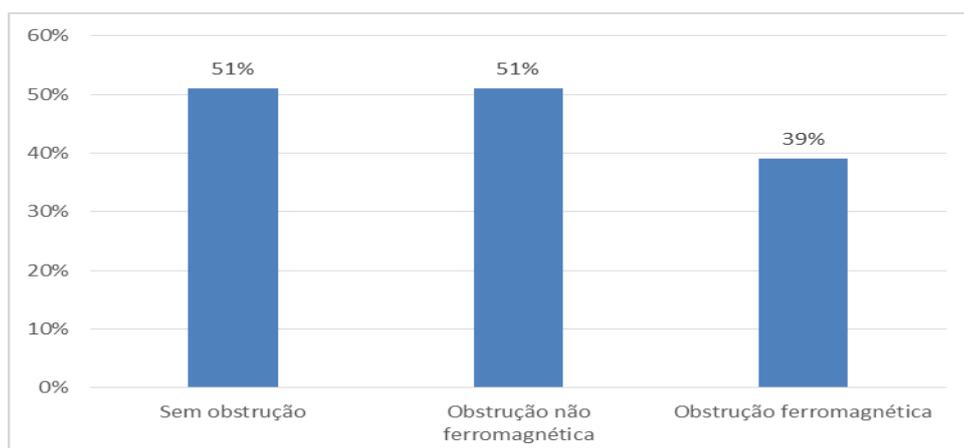
Figura 9. Materiais inseridos entre a bobina primária e secundária.



Fonte: Elaborada pelo autor.

No gráfico abaixo é possível ter uma melhor análise do rendimento das tensões que chegam na bobina receptora.

Gráfico 3. Eficiência da indução entre as bobinas 1 e 2.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Constatou-se que ao introduzir um material não ferromagnética entre a bobina primária e a secundária não alterou os valores da tensão, não obstante, ao introduzir um material ferromagnético, tem uma perda de **12%** no rendimento do experimento. Essa constatação se torna importante pois materiais ferromagnéticos podem constituir uma barreira em várias aplicações em tecnologias derivadas do modelo estudado nesta pesquisa.

Fenômenos físicos presentes no experimento

A Motivação desta etapa foi mostrar as aplicações dos fenômenos físicos no experimento, mostrando que o professor de física ou ciências, poderá levar o experimento para a sala de aula e mostrar os fenômenos físicos presentes no transmissor de energia sem fio, segundo (Reis, 2013), os experimentos no meio escolar é um método propício no ensino da Física, pois estes artifícios são capazes de contribuir para a compreensão dos fenômenos naturais e processos tecnológicos, o que está explícito no experimento realizado. Partindo desta motivação, nesta etapa poderemos encontrar o campo magnético gerado pela bobina primária, fluxo magnético e a indutância mutua; iremos começar pelo campo magnético que está presente na bobina transmissora; no experimento realizado a corrente elétrica percorre pelo fio condutor e gera em torno deste fio um campo magnético; este campo magnético gerado no interior de uma bobina por meio da corrente elétrica percorrendo o fio condutor, pode ser calculado usando a equação 1 abaixo.

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L}$$

Onde permeabilidade magnética μ_0 é igual a $4\pi \times 10^{-7} T \cdot m/A$, N o número de espira é igual a 1, I é a corrente elétrica medida na bobina 1 que é igual a 4 A e L é $2\pi R$ onde $R = 0,035m$ e $\pi = 3,14$. Sabendo esses valores encontraremos o campo magnético gerado pela bobina 1.

$$B_1 = 9,53 \times 10^{-7} T \pm 1$$

Uma vez encontrado o campo magnético, pode-se achar a quantidade de campo magnético dispersado pela corrente elétrica pelo condutor devido sua área de superfície e a

frequência que isso ocorre, este fenômeno é conhecido por fluxo magnético. A equação que utilizaremos para o cálculo do fluxo será a equação 2, que está expressa abaixo.

$$\Phi = BA \cos \theta$$

O fluxo magnético vai ser calculado entre duas bobinas acopladas paralelamente, onde o ângulo θ é igual a zero e a área da espira é πR^2 . Sabendo que o campo magnético encontrado anteriormente é igual $9,53 \times 10^{-7} T$, temos que é:

$$\phi = 3,58 \times 10^{-8} \text{ Wb} \pm 1$$

O resultado encontrado é a quantidade de campo magnético dispersado pela corrente elétrica que percorre a espira circular, sabendo que a variação deste fluxo magnético que está sendo transferido da bobina 1 gera corrente induzida na bobina receptora, este resultado ajuda-nos a encontrar a indutância mútua da bobina primária; a indutância mútua pode ser calculada pela equação 3:

$$L = \frac{N\phi_B}{I}$$

O valor de N é 24, e a corrente i é igual a $4A$ e o fluxo é igual $3,58 \times 10^{-8} \text{ Wb}$, sabendo estes valores pode-se encontrar L , que será o valor da indutância mútua, logo

$$L = 2,14 \times 10^{-7} \text{ H} \pm 1$$

O resultado da indutância mútua é a capacidade do indutor de transmitir campo magnético e corrente elétrica. Assim quanto mais espira na bobina, teremos mais campo magnético. Os cálculos nos apresentam valores do campo magnético para uma bobina de N espiras, raio R_1 e corrente A_1 , essas são variáveis que podem ser mudadas assim obter-se valores diferentes, uma vez que por meio do experimento é possível obter melhores resultados por meio de observações, anotações e tentativas o que leva o pesquisador a resultado mais satisfatórios. Segundo (Gil, 2008): “O método experimental consiste essencialmente em

submeter os objetos de estudo à influência de certas variáveis, em condições controladas e conhecidas pelo investigador, para observar resultados que a variável produz no objeto”.

Logo o método experimental é um ótimo meio para se obter resultados, além de ter aplicações em diversos fenômenos físicos. A utilização de experimentos proporciona visualiza conteúdos que a Física aborda, contribuindo para a desmitificação e compreensão dessa ciência, rompendo com abstrações existentes em alguns de seus conteúdos.

4. Conclusão

A pesquisa teve o resultado esperado, pois o objetivo principal foi alcançado, que é possível a transmissão de energia elétrica sem fio que está fundamenta no princípio da indução eletromagnética. O resultado encontrado foi satisfatório, pois foi possível observar a transmissão de energia sem fio e a corrente do sistema.

A corrente elétrica na bobina foi muito pequena, pois não foi possível utilizar um resistor no experimento devido a falta dele na cidade onde a pesquisa estava sendo realizada, em função disto teve-se que usar tensões que não queimassem o transistor.

A tecnologia de transmissão possui suas desvantagens, como a transmissão não ser eficiente para maiores distancias conforme os dados apresentados no gráfico 1, tornando essa tecnologia aplicável em situação mais restritas, como carregar um celular em sua residência sem a necessidade de fio, mas não a longa distância.

É importante destacar que essa pesquisa, como dito anteriormente já havia sido realizada por Nikola Tesla, mas em sua época não houve aplicações acerca da transmissão de energia. O estudo da transmissão de energia está mais presente pois temos muitos aparelhos portáteis como celulares, notebook entre outros, e a utilização destes é indispensável no dia a dia das pessoas e em razão disto a motivação da pesquisa.

Em suma, a pesquisa realizada contribui para o desenvolvimento acerca do estudo de transmissão de energia sem fio, servindo como base para futuras pesquisas acerca do assunto, podendo-a aprofundar o estudo para o aprimoramento da transmissão de energia em distancias maiores, focando a atenção para a indutância, indutância mutua e o coeficiente de acoplamento para se obter melhores resultados na transmissão de energia sem fio em trabalhos futuros.

O experimento realizado, além de contribuir para pesquisas acerca de transmissão de energia elétrica sem fio, tem contribuições pedagógicas no processo de ensino como: 1. Definir o fluxo magnético; 2. Constatar que a variação do fluxo magnético pode conduzir uma

corrente elétrica, 3. Esclarecer a lei de Faraday: que a corrente induzida em um circuito fechado é proporcional a variação do fluxo magnético, 4. Verificar que é possível induzir correntes alternadas. Estas etapas revelam a abrangência da atividade laboratorial, sendo evidente a importância da experiência na área da Física.

Referências

C. K. Alexander; M. N. Sadiku. (2013). *Fundamentos de Circuitos Elétricos*. Porto Alegre: Grupo A.

M. Alonso; E. J. Finn. (1972). *Física um curso universitário*. São Paulo: Blucher.

Ministério da Educação. (1996). *Estabelece as diretrizes e bases da Educação Nacional*. Brasília.

G. A. Carlos. (2008). *Métodos e técnicas de pesquisa*. São Paulo: Atlas.

M. A. Cavalcante; C.R.C. Tavoraro. (2007.) *Física moderna e experimental*. São Paulo: Manole.

S. J. Chapman. (2013). *Fundamentos de máquinas elétricas*. Porto Alegre: AMGH.

R. P. Feynman; R.B. Leighton; M. Sands. (2008). *Lições de física de Feynman*. Porto Alegre: Bookman.

F. P. Gondim. (2010). *Transmissão de energia elétrica sem fio*. (Monografia). Universidade Federal do Ceara, Fortaleza.

M. Ferreira. (2014). *Revista Ciência Elementar*, 1-5(2).

T. K. Fraiji. (2007). *Interferência entre linhas de transmissão e dutos utilizando p ATP – uma análise da LT525 KV*. (Dissertação). Universidade Federal de Santa Catarina, Blumenau.

A. S. Godoy. (1995). *Revista de administração de empresas*, 63(2).

- W. J. Goode; P. K. Hatt. (1969). *Métodos em pesquisa social*. São Paulo: Nacional.
- D. Halliday; R. Resnick. (2016). *Fundamentos da Física*. Rio de Janeiro: LTC.
- H. A. Haus. (1984). *Waves and Fields in Optoelectronics*. Prentice: Hall.
- H. M. Nussenzveig. (1997). *Curso de Física Básica*. São Paulo: Blucher.
- F. S. Kauark; F. C. Manhães; C. H. Medeiros. (2010). *Metodologia da Pesquisa: um guia prático*. Itabuna: Via Litterarum.
- Kosow; I. Lionel. (1982). *Máquinas elétricas e transformadores*. Porto Alegre: Globo.
- A. Motta. (2011). *A importância da pesquisa na construção do conhecimento*.
- A. P. B. Obernizer. (2008). *As equações de Maxwell e aplicações*. (Monografia). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- A. B. K. Sambaqui; L. S. B. Marques. (2010). *Apostila de eletromagnetismo*. Joinville.
- R. T. Silva. (2012). *Revista brasileira de ensino de Física*, 1-6 (4).
- E. M. Reis; Otto H. M. Silva. (2013). *Atividades experimentais: uma estratégia para o ensino da física*, 38-35,(2).

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Antonio Marques dos Santos – 60%

Wellington Miranda Brasil – 40%