



TRANSMISSOR DE ENERGIA POR INDUÇÃO COMO INSTRUMENTO DIDÁTICO PARA A DISCIPLINA DE LABORATÓRIO DE ENGENHARIA I, DO INSTITUTO FEDERAL DA BAHIA - CAMPUS PAULO AFONSO

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.4955

Autores: THIAGO MESSIAS DOS SANTOS

Resumo: O curso de Engenharia Elétrica-IFBA Campus Paulo Afonso, Bahia, dedica grande parte da sua carga-horária a conteúdos teóricos, cerca de 87,76%, sendo a base para conteúdos práticos, que possuem carga-horária reduzida, de 12,4%, porém de grande relevância para a formação de engenheiros, cargas-horárias comuns entre os cursos de engenharia, o que faz necessário o uso de metodologias ativas, com ferramentas didáticas que facilitem e acelerem o aprendizado dos alunos. De modo a contribuir com mais ferramentas didáticas no ensino de engenharia elétrica no IFBA campus Paulo Afonso- BA, foi confeccionado durante a disciplina de Laboratório de Engenharia I, um Transmissor de Energia por Indução, como instrumento didático, para que os estudantes de semestres posteriores possam adicionar melhorias ao projeto, levando a um aprofundamento dos conteúdos abordados e um refinamento do projeto a cada turma. O projeto abrange uma grande parcela dos conteúdos das disciplinas de Laboratório de Engenharia I, Eletrônica Geral, Dispositivos Elétricos, Conversão Eletromecânica, e Máquinas Elétricas, o que torna um ótimo instrumento didático, que tem como principal objetivo fazer os alunos desenvolverem habilidades de planejar e executar projetos eletrônicos.

Palavras-chave: Instrumento didático; Transmissão de energia por indução; Disciplina prática; Ensino de engenharia; metodologia ativa.

TRANSMISSOR DE ENERGIA POR INDUÇÃO COMO INSTRUMENTO DIDÁTICO PARA A DISCIPLINA DE LABORATÓRIO DE ENGENHARIA I, DO INSTITUTO FEDERAL DA BAHIA - CAMPUS PAULO AFONSO

1 INTRODUÇÃO

As atividades práticas têm um importante papel para a formação dos alunos, que associam de forma mais direta a teoria vista em sala de aula com o real. Em alguns casos é necessário sair da sala de aula ou até mesmo ter disciplinas com carga-horária totalmente prática, como o caso da disciplina de Laboratório de Engenharia Elétrica I, do curso de engenharia elétrica, do Instituto Federal da Bahia, campus Paulo Afonso, para aprimorar o conhecimento dos alunos, ajudando a confirmar os conteúdos já estudados na teoria, além de ensinar-lhes como lidar com situações adversas, comuns no dia-a-dia no mercado de trabalho.

Barbosa, Moura, (2014) reforça que a importância das metodologias ativas na formação de engenheiros, de modo a aumentar a eficiência do aprendizado, tendo a metodologia ativa como base um provérbio chinês que diz “O que eu ouço, eu esqueço; o que eu vejo, eu lembro; o que eu faço, eu compreendo.”, o que acentua a relevância de atividades práticas durante o ensino da engenharia.

Somente nas aulas práticas os alunos enfrentam os resultados não previstos, cuja interpretação desafia sua imaginação e raciocínio. E no decorrer dos cursos de graduação é preciso que sejam feitos exercícios de vários níveis garantindo-se que haja oportunidade para o aluno, autonomamente, tomar decisões, pô-las em prática e analisar os resultados de seus empreendimentos (Ronqui; Souza; Freitas, 2011, p.3).

Os laboratórios estreitam a relação, entre teoria e prática, sendo um ambiente pensado para atividades práticas, o que os tornam de grande importância para o aprendizado, o que os fazem essenciais para o curso de engenharia, Santos e Santos (2020, p.321) afirma que “A engenharia é uma das áreas em que a prática deixa de ser apenas desejada e passa também a ser essencial para uma boa formação”.

Pekelman; Mello Jr. (2004), corroboram com essa ideia ao afirmarem que os laboratórios dentro do curso de engenharia, tem um papel fundamental na formação do aluno uma vez que permite, possibilita e aprimora a capacidade de tornar real o conteúdo teórico, e de se adaptar às mais diversas condições que se apresentarão quando do exercício da profissão.

Cabe a disciplinas práticas, como Laboratório de Engenharia Elétrica I, promover situações reais para que os alunos, por meio do conhecimento teórico prévio, venham a consolidar o aprendizado associando a teoria à prática. Para isso, a disciplina se utiliza de atividades práticas semanais correlatas aos conteúdos abordados nas disciplinas de dispositivos eletrônicos e eletrônica geral.

Com o intuito de desenvolver a capacidade de trabalho em equipe, planejamento e execução de projetos eletrônicos dos alunos, a atividade final da disciplina propõe a elaboração de um projeto em grupo, que aplique os conteúdos da ementa da disciplina, conceitos e experiências adquiridas ao longo do curso. Para tal, foi proposto por um grupo de estudantes um projeto de um transmissor de energia por indução, de forma a utilizar Circuito Integrado (CI), transistores, diodos, capacitores, resistores, LEDs, bobinas, entre outros. Dispositivos eletrônicos apresentados fisicamente no laboratório de eletrônica no decorrer das primeiras práticas da disciplina.

O transmissor de energia por indução é um projeto inédito no campus, contempla quase todo o conteúdo abordado pelas disciplinas de Laboratório de Engenharia Elétrica I, Eletrônica Geral e Dispositivos Eletrônicos.

O projeto e execução do transmissor de energia por indução permite se aprofundar no estudo de eletrônica, sendo que durante o projeto também se fez necessário o domínio de softwares da simulação de circuitos, já durante sua execução utilizou-se componentes de material reciclado provenientes de lixos eletrônicos, como transistores, diodos, capacitores e os fios esmaltados utilizados a confecções das bobinas.

A disciplina permite que a proposta do transmissor de energia por indução seja replicada e melhorada em turmas posteriores, o que torna um importante instrumento didático, que abrangem não só a eletrônica mais outras disciplinas como conversão eletromecânica, e máquinas elétricas, sendo um instrumento multidisciplinar de base eletrônica.

2. MATÉRIAS E MÉTODOS

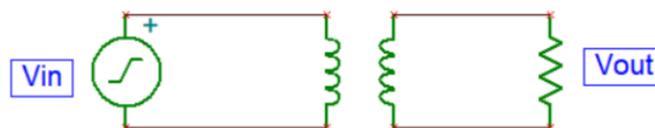
Conforme desenvolvimento do projeto aplicou-se métodos ativos, como, discussões sobre temas abordado pela disciplina, pesquisa, trabalho em equipe, estudos' de casos anteriores sobre o tema escolhido, *brainstorming* para gerar ideias que solucionassem problemas iniciais, criação de espaço virtual para compartilhamento de conteúdo e planejamento do projeto, além de modelagem e simulação.

O ensino de Engenharia oferece muitas oportunidades de aplicar metodologias ativas de aprendizagem nas diferentes áreas de formação profissional. É o caso das aulas de laboratório, oficinas, tarefas em grupo, trabalhos em equipe dentro e fora do ambiente escolar, visitas técnicas e desenvolvimento de projetos (Barbosa; Moura, 2014, p. 3).

A proposta do transmissor de energia por indução como instrumento didático é dividida em 3 fases, a primeira é a revisão bibliográfica, em que os estudantes realizam o estudo teórico de como se transmite eletricidade por indução, e como podem usar os dispositivos eletrônicos visto nos laboratórios para isso, através de livros, artigos e material de aula.

Para a transmissão de energia sem fio foi utilizado o princípio de tensão por indução entre duas bobinas. Seu princípio básico, conforme Alexander; Sadiku (2013), é um campo magnético variável no tempo que induzirá uma tensão em uma bobina se esse campo passar através dessa bobina. É justamente o fundamento da ação de transformador.

Figura 1- Modelagem simplificada da tensão induzida nas bobinas.



Fonte: Autoria própria

Que pode ser descrita pela seguinte Equação 1:

$$e_{ind}(t) = M \frac{di(t)}{dt} \quad (1)$$

nas quais:

- $e_{ind}(t)$ é a tensão induzida;
- M é a mútua indutância que faz o acoplamento entre as duas bobinas;

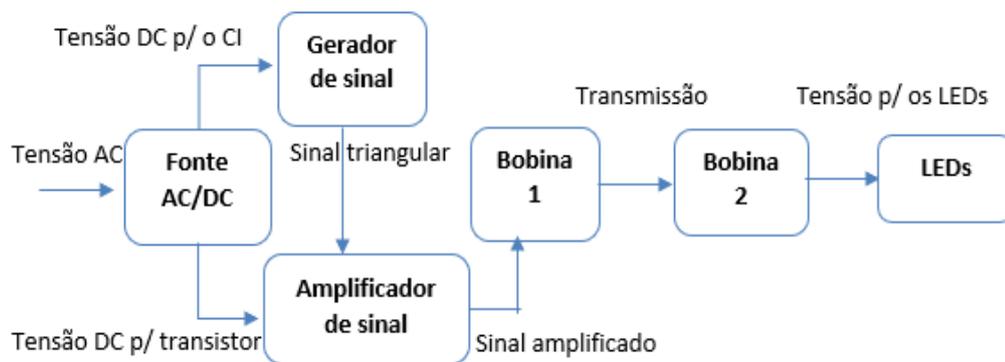
- $di(t)$ é a variação infinitesimal de corrente elétrica;
- dt é a variação infinitesimal de tempo.

A mútua indutância (M) depende principalmente de aspectos construtivos das bobinas, enquanto a taxa de variação da corrente depende sobretudo da variação pico a pico do nível de tensão e da frequência.

A partir da revisão bibliográfica pode se determinar os parâmetros do projeto, como a relação entre as espiras, frequência, fonte e níveis de tensão, e o CI a ser usado para gerar o sinal (controlar tensão e frequência) na bobina primária.

A segunda fase trata-se da simulação, uma fase crucial, a base da implementação da proposta, além de determinar desempenho, custos, entre outros. A Figura 2 a seguir apresenta o fluxograma da energia, que demonstra o percurso da energia até a carga (os LEDs).

Figura 2- Fluxograma da energia.

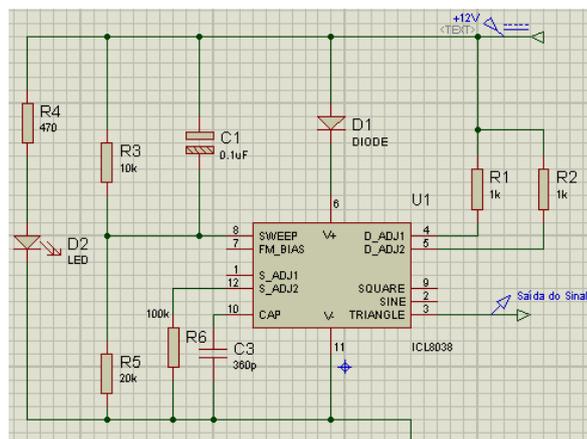


Fonte: Autoria própria

Nessa fase, os discentes utilizaram-se de softwares de simulação de circuitos para auxiliar no desenvolvimento, nos testes e na tomada de decisões como: escolha detalhada de cada componente do projeto, elaboração de diagramas de circuitos eletrônicos, restrições de uso, desempenho máximo, entre outros.

Na Figura 3 tem-se o diagrama do circuito eletrônico do Gerador de Sinal, responsável por gerar o sinal que produz a taxa de variação da corrente ($di(t)/dt$). Enquanto isso a Figura 4 apresenta a integração dos circuitos gerador de sinal e o amplificador de sinal e sua visualização em 3D, que auxilia na montagem tanto em *protoboard* para os testes iniciais, como em Placas de Circuito Impresso (em inglês *Printed Circuit Board - PCB*).

Figura 3 - Diagrama do circuito eletrônico do Gerador de Sinal.



Fonte: Autoria própria

Figura 4 - Visualização do circuito em 3D.

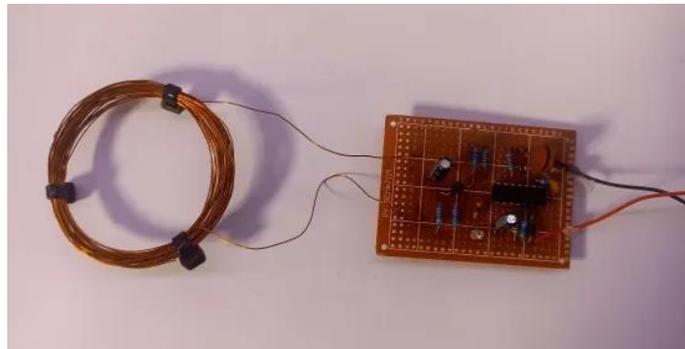


Fonte: Autoria própria

A terceira fase trata-se da execução do projeto em PCB. Ela se inicia com a aquisição dos componentes, de forma que quase em sua totalidade dos componentes utilizados foram provenientes de “sucata” eletrônica: fonte de alimentação (AC/DC), capacitores, resistores, transistor, diodo, todos retirados de placas eletrônicas descartadas, os fios esmaltados para a confecção das bobinas que foram obtidos através do estator de um motor inutilizado, somente o CI foi adquirido em loja. De forma a reduzir o custo de projeto de forma significativa, além de torná-lo sustentável, contribuindo para a preservação do meio ambiente.

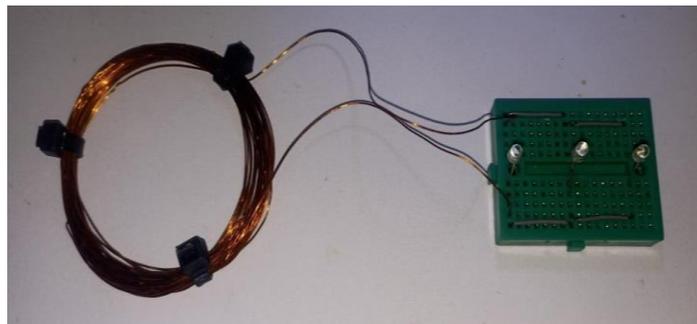
Na Figura 5, o circuito completo do Transmissor de Energia por Indução em PCB com a primeira bobina é apresentado. Já na Figura 6 representa a bobina secundária com a representação das cargas (os LEDs)

Figura 5 – O Transmissor de Energia por Indução em PCB.



Fonte: Autoria própria

Figura 6 – Bobina secundária conectada aos LEDs.



Fonte: Autoria própria

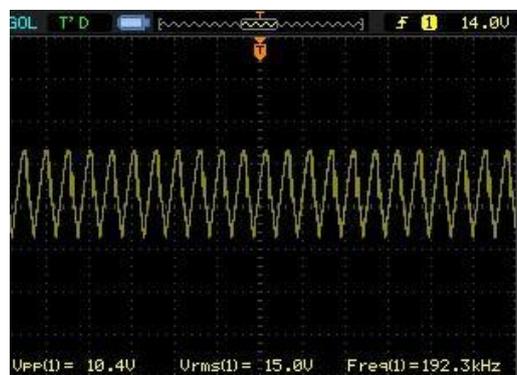
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Segundo Dos Santos, Brasil (2020) a transmissão de energia pelo ar já era estudada por *Nikola Tesla* desde de 1890. Sendo a transmissão de energia sem fio por meio de indução bastante utilizada, com diversas finalidades, como: na rede de distribuição de energia elétrica, por meio dos transformadores, que atuam para elevar ou baixar tensões conforme há necessidade; e nos motores elétricos de indução amplamente distribuídos no mercado. Ambos enfrentam o mesmo desafio que são as perdas durante a transmissão, nos transformadores tendem a ser menor devido ao seu núcleo de ferro, que apresenta uma menor resistência do que o ar para a passagem do fluxo magnético, já o motor indutivo apresenta um núcleo o ar, que é o entreferro, um espaço de ar entre o estator e o rotor.

As perdas na transmissão de energia por indução pelo ar, que é chamado de núcleo de ar, são consideradas altas conforme Borges et al (2021) são de pelo menos 40% utilizando-se tecnologia de ponta, o que diminui de forma significativa sua eficiência. Conforme os avanços tecnológicos, quanto mais eficientes se tornam, ganham cada vez mais aplicações, como por exemplo os carregadores de celulares sem fio que vem se popularizando nos últimos anos.

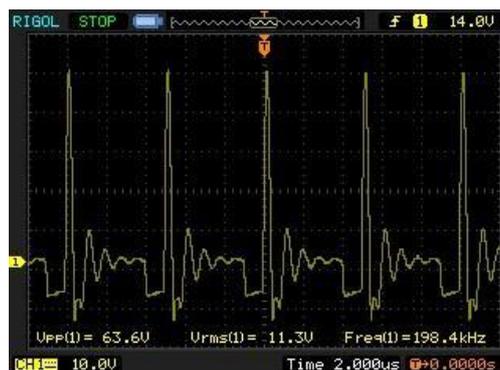
A proposta apresentada na disciplina atingiu seus dois objetivos, o primeiro é do ponto de vista de projeto que é a realização da transferência de energia pelo ar através de duas bobinas, que foi realizado com êxito ao acender LEDs conectados à bobina secundária, com até 8 cm de distância entre as bobinas. As figuras a seguir 7, 8 e 9 apresentam as leituras do sinal gerado para causar a taxa de variação instantânea na corrente ($di(t)/dt$) da bobina 1, medidas através de um osciloscópio (Rigol DS1102E).

Figura 7 - Sinal de saída do Circuito Gerador de Sinal.



Fonte: Autoria própria

Figura 8 - Sinal na bobina 1



Fonte: Autoria própria

Figura 9 Sinal na Bobina 2 (nos LEDS).



Fonte: Autoria própria

O circuito gerador do sinal foi projetado para uma saída de sinal triangular com tensão pico a pico (V_{pp}) de 10 V e frequência de 200 kHz, e o circuito amplificador para um ganho $\beta=6$. Devido principalmente aos componentes do projeto não terem valores exatos, com tolerância de até 10% do seu valor nominal, além tempo de vida útil menor por serem componente reciclados, o circuito apresentou pequenas variações entre o projeto previamente calculado, simulado em *softwares* e o projeto na placa PCB, entretanto, dentro do aceitável. A queda de tensão entre as Bobinas 1 e 2 já é esperada devido a resistência do ar, ao fluxo magnético criado pela bobina 1 e por não possuir uma geometria de alta precisão, tendo em vista que foram enroladas de forma manual com auxílio de gabarito.

Ao atingir como resultados uma potência de $P_2 = 950 \mu\text{W}$ na saída da bobina do secundário, enquanto na entrada da bobina do primário $P_1 = 2,71 \text{ mW}$, foi possível obter uma eficiência de transferência de energia entre as bobinas de $\eta=35\%$. Sendo um resultado satisfatório. Ao se levar em consideração que o objetivo foi alcançado, isto é, foi possível transmitir energia suficiente para acender LEDs, apesar da construção das bobinas ter sido feita de forma manual e com material reciclado, o que afeta significativamente o desempenho.

O segundo objetivo trata-se do propósito da disciplina de Laboratório de Engenharia Elétrica I, que é desenvolver as habilidades dos alunos em trabalhar em equipe, planejar e executar projetos eletrônicos, com o uso de dispositivos apresentados ao longo da disciplina, além de aprender a lidar com as adversidades de um projeto prático que possui dificuldades com montagens, falhas de equipamentos, interferências, etc.

Para isso os alunos realizaram pesquisa sobre o tema, determinaram os parâmetros de funcionamento, em seguida com o auxílio de softwares de simulação de circuitos realizaram o projeto, e logo depois o executaram, alcançando o segundo objetivo.

4. Considerações FINAIS

As disciplinas práticas como as de laboratório tem como objetivo aproximar o real da teoria, para isso assim como as disciplinas teóricas, as disciplinas práticas também necessitam de meios pedagógicos que confrontam e desafiam a imaginação e raciocínio dos alunos, dentro da ementa proposta.

O Transmissor de Energia por Indução abrange quase toda a ementa da disciplina de laboratório, que possui o foco na eletrônica, contudo, o projeto também aborda

conteúdos abordados em outras disciplinas, como Física 3, Circuitos Elétricos 1, Conversão Eletromecânica e Máquinas Elétricas, o que a torna uma proposta multidisciplinar.

Com isso, essa abordagem é um ótimo instrumento didático, ao ser desenvolvido em uma turma, podendo ser replicado em turmas posteriores, de forma a ser melhorado a cada turma, o que exige conhecimento teórico e prático de cada circuito e de seus componentes. Todas as fases foram registradas, o que facilita a replicação da proposta e comparação de desempenho com futuros trabalhos de turmas subsequentes, de forma a resultar em um instrumento dinâmico, que estimula os graduandos de forma ativa, auxiliando-os na compreensão dos conteúdos teóricos previamente apresentados.

Portanto, o Transmissor de Energia por indução pode ser aplicado como instrumento didático para a disciplina de Laboratório de Engenharia Elétrica I, do Instituto Federal da Bahia, campus Paulo Afonso, ou até mesmo outros *campus*, institutos, ou universidades, tendo em vista que é uma proposta que provoca o aprendizado dos alunos, promove o trabalho em equipe, além de capacitá-los a planejar e executar projetos em eletrônica, corroborando diretamente para os objetivos da disciplina.

REFERÊNCIAS

ALEXANDER, Charles K.; SADIKU, Matthew N. O. **Fundamentos de circuitos elétricos**. Porto Alegre: AMGH Editora. 2013.

BREGANON, Ricardo et al. Desenvolvimento de Sistemas de Pêndulos Invertidos como Ferramentas Didáticas em Cursos de Engenharia de Controle e Automação. **Holos**, v. 5, p. 1-14, 2021.

BARBOSA, Eduardo Fernandes; MOURA, DG de. Metodologias ativas de aprendizagem no ensino de engenharia. In: **Anais International Conference on Engineering and Technology Education**, Cairo, Egito. 2014. p. 110-116.

BORGES, Daniela Freitas et al. Análise da eficiência da transmissão de energia elétrica sem fio. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 5, p. 53377-53399, 2021.

DOS SANTOS, Antonio Marques; BRASIL, Wellington Miranda. Construção de um transmissor de energia sem fio: Estudo por indução eletromagnética. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e88972847-e88972847, 2020.

PEKELMAN, Hélio; MELLO-JR, A. A importância dos laboratórios no ensino de engenharia mecânica. In: **Anais do XXXII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia-COBENGE**. Brasília, 2004.

RONQUI, L.; SOUZA, M. R.; FREITAS, F. J. C.; A Importância das Atividades Práticas na Área da Biologia. **Revista FACIMED** - Volume 3, Número 3 – 2011.

SANTOS, T. M.; SANTOS, W. C. Projeto de uma mini esteira industrial como instrumento didático para a prática de disciplina de automação da produção. In: EDITORA CONHECIMENTO LIVRE (Org.). **Engenharia: a máquina que constrói o futuro**. 1. ed. Piracanjuba - Goiás: Editora Conhecimento Livre, 2020. p. 319-327.

INDUCTION ENERGY TRANSMITTER AS A TEACHING INSTRUMENT FOR LABORATORY PRACTICE DISCIPLINE

Abstract: *The Electrical Engineering course, from IFBA - Campus Paulo Afonso, dedicates a large part of the time to theoretical lessons, about 87.76%, that it is the basis for practical lessons. This practical lessons has only 12.4 % of it, which it is a very reduced time, but it is a great relevance for the training of engineers. How it happen among engineering courses, it makes necessary to use active methodologies, with teaching tools that it facilitate and it accelerate student learning. With the objective of contribute with more didactic tools in the teaching of electrical engineering at the IFBA campus Paulo Afonso - BA, an Induction Energy Transmitter was created during the Engineering Laboratory I subject, as a teaching instrument, for students in nexts semesters can add improvements to the project, they can lead to a deeper understanding of the content covered and a refinement of the project for each year. The project includ a large part of the subjects of Engineering Laboratory I, General Electronics, Electrical Devices, Electromechanical Conversion and Electrical Machines, which it makes a great teaching tool, whose it have main objective is to make students develop skills in planning and execute of electronic projects.*

Keywords: *Didactic instrument; Induction power transmission; Practical subject; Engineering education; active methodology.*

