

# Proposta de bobina de Tesla de baixo custo para utilização em exposições científicas e demonstrações em sala de aula

Low-cost Tesla coil proposal for use in scientific exhibitions and classroom demonstrations

Adriano Marcus Stuchi<sup>1\*</sup>, Wésley Lima da Paz<sup>1</sup>, Fabio Rocha Gomes Jardim<sup>1</sup>, Leonardo dos Santos Vaz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus – BA, Brasil.

\*E-mail: [stuchi@uesc.br](mailto:stuchi@uesc.br)

Recibido el 11 de diciembre de 2020 | Aceptado el 10 de marzo de 2021

## Resumo

A bobina de Tesla é um experimento que pode ser muito útil no ensino médio e ensino Superior na perspectiva formal, além dos belíssimos efeitos visuais e o caráter lúdico que também chamam a atenção em exposições científicas. Neste trabalho é apresentada uma alternativa para a construção de uma bobina de média potência feita com semicondutores e transformador flyback, de baixo custo e fácil manuseio. A montagem foi realizada pela equipe de física na oficina do Caminhão com Ciência da Universidade Estadual de Santa Cruz, ação de extensão itinerante de popularização da Ciência na região sul da Bahia. São apresentadas duas experiências feitas durante as exposições.

**Palavras chave:** Bobina de Tesla; Eletromagnetismo; Exposições científicas itinerantes; Experimentos de baixo custo.

## Abstract

The Tesla coil is a device that can be very useful in high school and higher education from a formal perspective, in addition to the beautiful visual effects and playful character that also attract attention in scientific exhibitions. This work presents an alternative for the construction of a medium power coil made with semiconductors and a flyback transformer, of low cost and easy handling. The assembly was performed by the Physics team at the Caminhão com Ciência at the Universidade Estadual de Santa Cruz, an itinerant extension action to popularize Science in the south of Bahia. Two experiences made during the exhibitions are presented.

**Keywords:** Tesla Coil; Electromagnetism; Traveling scientific exhibitions; Low-cost experiments.

## I. INTRODUÇÃO

Este artigo tem como objetivo descrever a construção de uma bobina de Tesla de baixo custo, que integra o acervo de exposições itinerantes de física do Caminhão com Ciência da UESC (Universidade Estadual de Santa Cruz), ação de extensão que visita escolas do ensino fundamental e médio na região sul da Bahia. Duas experiências realizadas nas exposições são relatadas.

O projeto pode também ser usado por professores do ensino médio para ser usado em demonstrações em sala de aula ou laboratórios didáticos. A montagem é relativamente simples, além de ser robusta e versátil, ocupa pouco espaço, adaptando-se a muitas realidades em que o professor constrói e transporta seu próprio material didático.

A bobina de Tesla é um dos experimentos mais conhecidos do eletromagnetismo e da física, sendo no projeto Caminhão com Ciência da UESC um dos experimentos mais visitados, pelos efeitos visuais e brincadeiras que proporciona. A montagem configura um transformador ressonante capaz de gerar uma tensão altíssima com grande simplicidade de construção, inventada por Nikola Tesla por volta de 1890, esta é a Bobina de Tesla.

A construção experimental da bobina tem sido proposta por inúmeros autores ao longo do tempo como, por exemplo, tanto por meio de modelamentos teóricos de circuitos ressonantes e experimentos (Chiquito; Lanciotti Jr., 2000) ou para propor usos em atividades de laboratório (Laburu e Arruda, 2004). Esses autores formam a base para muitos trabalhos de conclusão de curso ou dissertações de mestrado profissionalizantes pelo Brasil. No entanto, entre os trabalhos pesquisados, a abordagem mais completa para a construção de bobinas de Tesla foi encontrada em Tilbury (2008).

São sugeridas soluções para problemas encontrados na construção proposta pelos autores acima referidos. Além de ser um experimento muito grande e pesado, o que em si dificulta a montagem em instituições de ensino a que se destinam, há alguns problemas relacionados à geração de alta tensão no circuito primário e à construção e manutenção do capacitor do circuito ressonante, conforme analisado em mais de 10 anos de experiência prática no uso de bobinas de Tesla para demonstrações em exposições itinerantes do Caminhão com Ciência da UESC.

O transformador para a construção do circuito primário usado por Chiquito e Lanciotti Jr. (2000) e Laburu e Arruda (2004), em um dos seus protótipos, era comumente usado em circuitos de lâmpadas de neon, com tensão de 12 kV e corrente de 30 mA. Esse transformador, além de pesado, é muito difícil de ser achado hoje em dia. Por estar em desuso atualmente o custo torna-se relativamente alto, tornando o projeto da bobina inviável para a maioria das escolas brasileiras.

A proposta é a substituição por transformadores flyback, que tem entre 24 e 30 kV, de acordo com as especificações declaradas por Kronjaeger (2004). O circuito primário dessa bobina terá aproximadamente 1/6 da potência da bobina com transformadores de neon. Será então necessário um redimensionamento que a tornará um dispositivo de média potência, mas que poderá realizar as mesmas experiências propostas nos artigos supracitados. O fato de os transformadores flyback serem achados muitas vezes em sucatas das antigas TVs de tubo e monitores antigos, com preços muito menores que os transformadores de neon, torna o projeto muito mais barato e viável.

O capacitor no projeto original dos autores é formado por placas paralelas de alumínio intercaladas com vidro. Se a bobina ficar ligada por um tempo mais prolongado, a depender da potência da Bobina, essas placas super aquecem e promovem fugas de corrente, que podem até chegar a furar ou trincar o vidro. Para tentar evitar esse problema nas exposições do Caminhão com Ciência esses capacitores eram, no início, refrigerados com óleo, de difícil manuseio e conservação. Para que o projeto da bobina não fosse abandonado, o capacitor de placas paralelas foi substituído por um banco de capacitores de poliéster. No entanto, há um custo relativamente alto para a construção desse banco de capacitores.

A maior inovação do projeto foi a de associar um capacitor de placas paralelas de alumínio à bobina de média potência, com o objetivo de reduzir ao máximo os custos de produção do experimento. Por ser de potência reduzida, o capacitor se adapta bem ao experimento, não apresentado aquecimento ou fugas de corrente. É apresentada uma versão com capacitores de cerâmica com um custo maior, mas que torna o conjunto mais compacto.

De acordo com as considerações feitas por Chiquito e Lanciotti Jr. (2000), com base em cálculos complexos, o desempenho ótimo da bobina se dá quando as grandezas indutância do circuito primário e secundário e a capacitância do primário estão perfeitamente ajustadas. Os recursos usados na montagem aqui proposta para que essas condições sejam satisfeitas é também muito simples, de forma a ser de fácil reprodução por professores do ensino médio.

No final, uma experiência para a medição do comprimento do arco voltaico produzido na descarga elétrica da bobina é feita nos moldes apresentados por Chiquito e Lanciotti Jr. (2000). Com ela se pode realizar uma estimativa da tensão real gerada no circuito secundário. Além dessa experiência, é sugerida a descarga elétrica em diferentes lâmpadas para observação do espectro de cores e identificação de materiais. A bobina se mostrou apta a realizar as demais experiências realizadas por Chiquito e Lanciotti Jr. (2000) e as atividades de laboratório propostas por Laburu e Arruda (2004).

## II. CONSTRUÇÃO DA BOBINA

A construção proposta aqui (figura 1) pode ser caracterizada como uma SSTC com centelhador, ou Spark Gap. Este equipamento é bem tradicional e foi elaborado de forma geral por um conjunto composto por um circuito oscilador, um elevador de tensão, um capacitor, um centelhador, uma bobina primária e uma bobina secundária (figura 2).

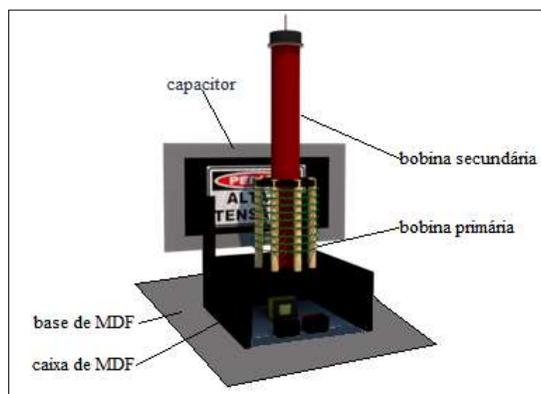


FIGURA 1. Modelo proposto para a construção da bobina.

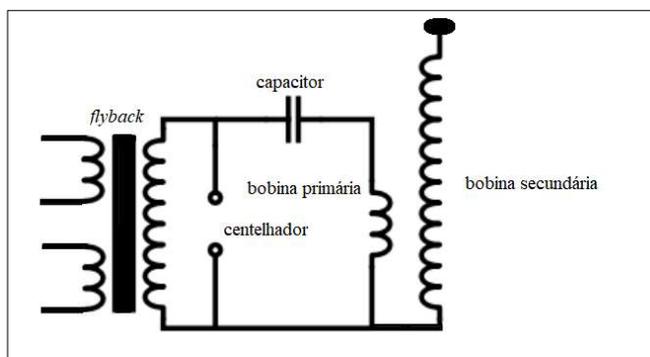


FIGURA 2. Esboço da primeira parte do circuito.

#### A. Lista de materiais

- A Transformador Flyback de TVs de tubo;
- 2 Transistor NPN 2N3055;
- 2 Resistores de 15 Ohm 1/4 Watt;
- 1 Resistor de 1 K Ohm 1/4 Watt;
- 450 mm de fio rígido encapado de 1.5 mm de diâmetro (bobina primária);
- 20 cm de fio com 0.5 mm de diâmetro (enrolamento do núcleo de ferrite do *flyback*);
- 20 cm de fio com 1.5 mm de diâmetro (enrolamento do núcleo de ferrite do *flyback*);
- Fio esmaltado de 21 Awg ou similar (bobina secundária);
- 1000 mm de fio flexível encapado 1.5 mm de diâmetro (terminais capacitor);
- 550 mm de cano PVC de 40 mm de diâmetro (bobina secundária);
- 400 mm de cano PVC de 20 mm de diâmetro (suporte do capacitor);
- 2 Tampões de cano 40 mm (bobina secundária);
- Placa de vidro (capacitor);
- Placa de vidro ou acrílico (janela para observar o circuito interno em funcionamento);
- Papel alumínio (capacitor);
- Fita dupla face;
- Parafuso de 20 mm de comprimento e diâmetro de 1/4" (bobina secundária);
- Parafusos para madeira;
- Base e caixote de MDF (circuito bobina);
- Pregos;
- 2 Plugs banana macho e fêmea (Capacitor);
- Pedacos de cabo de vassoura de 15 cm e um anel de MDF de 22 cm de diâmetro externo para a construção da base para o enrolamento primário.

## B. Ferramentas necessárias

- Multímetro;
- Ferro de solda;
- Estanho;
- Alicates de Corte;
- Alicates de Bico;
- Chave de fenda;
- Serra;
- Martelo;
- Prego. bobina secundária.

## C. Dimensionamento dos componentes da bobina

Uma forma simples de se dimensionar a bobina primária, bobina secundária e capacitor de placas paralelas pode ser feita por meio do software online *JAVATC*<sup>1</sup>. Primeiramente constrói-se as bobinas primária e secundária. De posse dos dados das dimensões, substituem-se os valores no software que dará como resultado uma frequência no circuito primário. Os valores usados foram obtidos após a construção da base, mostrada na figura 1, de forma intuitiva com os materiais listados.

O valor do capacitor é obtido após rodar o programa com os valores dos raios, comprimentos e número de voltas das bobinas primária e secundária. Ao acionar o programa é dado o valor da frequência de oscilação do secundário. Tenta-se chegar a esse valor aproximado para o primário, ajustando o número de enrolamentos, para que os dois circuitos entrem em ressonância e o experimento funcione com maior eficiência.

Os valores obtidos foram 1399,31 kHz para o secundário e 1401,11 kHz para o primário com um valor 1,30 pF para o capacitor. Depois de obtidos esses valores, basta ajustar o tamanho das folhas de alumínio ao valor do capacitor realizando medidas com um multímetro. Os cálculos podem ser encontrados de forma completa em Chiquito e Lanciotti Jr. (2000) e Tilbury (2008). Não é objetivo deste trabalho reproduzi-los e discuti-los novamente, mas dar sugestões de construção e aplicação da bobina para atividades de física na educação básica.

## D. Produção do capacitor de placas paralelas

A solução proposta aqui para o capacitor torna os custos da bobina de Tesla reduzidos. Neste projeto, o capacitor foi feito utilizando-se de uma placa de vidro como material dielétrico e duas folhas de papel alumínio como armaduras.

Inicialmente é necessária uma limpeza das placas de vidro. Após esta etapa, deverá ser fixada a fita dupla face nos dois lados da placa de vidro nas dimensões das folhas de alumínio, de modo que a área ocupada seja 90% da placa, sendo estas do tamanho citado na lista de materiais. Depois de fixadas as duas folhas de alumínio na placa de vidro o resultado deverá ser conforme o modelo apresentado na figura 3.

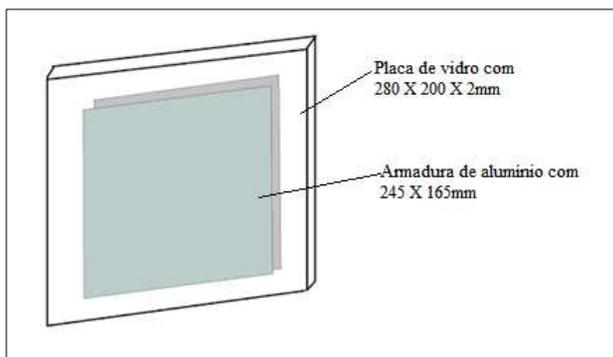


FIGURA 3. Capacitor de placas paralelas. Adaptado de <http://oengenhosoeu.blogspot.com/2015/07/bobina-de-tesla.html>

<sup>1</sup><http://www.classictesla.com/java/javatc/javatc.html>

[www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF](http://www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF)

Depois de fixadas as folhas de alumínio, o procedimento é fixar os dois fios<sup>2</sup>, um para cada armadura, correspondendo aos dois terminais do capacitor. Em seguida se deve passar uma camada de fita adesiva ou isolante, para proteger as folhas de alumínio e fixar os terminais do capacitor feitos com os fios de cobre.

O próximo passo será fazer os suportes do capacitor com o cano PVC de 20 mm de diâmetro e 400 mm de comprimento. Divide-se o cano em duas partes de igual comprimento e faz-se sulcos de 5 mm para o encaixe do capacitor de vidro, este suporte será fixado na base de madeira como é apresentado na figura 1. Na própria base, junto ao suporte do capacitor, os plugs banana fêmea podem ser dispostos para completar a instalação dos capacitores depois que o circuito da bobina estiver pronto.

#### E. Construção da bobina secundária

A bobina secundária é feita com o enrolamento do fio esmaltado 21 AWG em torno do cano de PVC de 40 mm de diâmetro, sem espaços entre uma volta e outra. O enrolamento construído pela equipe do Caminhão com Ciência tem comprimento de 453 mm com 633 voltas no total.

Nas proximidades das extremidades do enrolamento o cano pode ser furado para as pontas do fio passem por dentro e serem fixadas, depois de raspado o esmalte, ao parafuso de ¼" em uma das tampas do cano (inferior), e a algum acabamento que se queira fazer na parte superior. A sugestão é prender à tampa superior do cano PVC em um puxador de móvel metálico pequeno e arredondado. Pode-se fazer a opção de um toróide, que também pode ser obtido as dimensões no Software apresentado, como em muitos projetos desenvolvidos na Internet. Nesse caso, se as dimensões das bobinas forem mantidas, um novo valor de capacitor deve ser calculado com a ajuda do JAVATC.

#### F. Construção da bobina primária

O enrolamento do primário da bobina de Tesla será feito numa espécie de gaiolinha feita com os pedaços de cabo de vassoura e um disco de MDF ou plástico (figura 1), usando fio rígido de 1.5 mm ou equivalente. Na construção testada para este artigo o enrolamento tem 10 voltas, com aproximadamente 59 mm de raio e 86 mm de comprimento (figura 4).



FIGURA 4. Bobina primária.

É importante que, para um bom funcionamento, a circunferência das espiras da bobina primária não fique mais que 2 centímetros de distância da bobina secundária.

#### G. Enrolamento no núcleo de ferrite do flyback

Para que o circuito oscilador funcione bem, será necessário fazer dois enrolamentos, com fios de bitolas diferentes no núcleo de ferrite do flyback, funcionando como mecanismos de indução. Com o fio de 1.5 mm (fio amarelo) deverá ser feito 5 (cinco) voltas no sentido horário, da esquerda para a direita, em torno do ferrite. Com o fio preto de 0.5mm de diâmetro serão 3 voltas no sentido anti-horário, também da esquerda para a direita, conforme figura 5.

<sup>2</sup>Os fios devem ser fixados junto às folhas de alumínio depois de soldados os plugs banana.

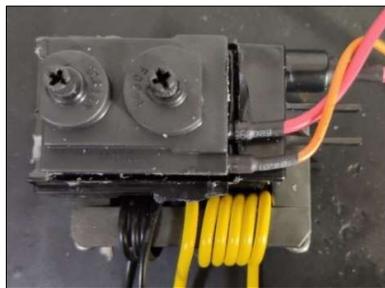


FIGURA 5. Enrolamentos no flyback. Inspirado em: <https://youtu.be/tosK9r2StQk>.

Os outros dois fios do flyback, responsáveis pelo Foco e pelo Screen, nas cores vermelho e laranja (figura 6), deverão ser cortados para evitar possíveis problemas de curto, pois não serão utilizados, restando apenas o fio vermelho da “chupeta” do flyback.

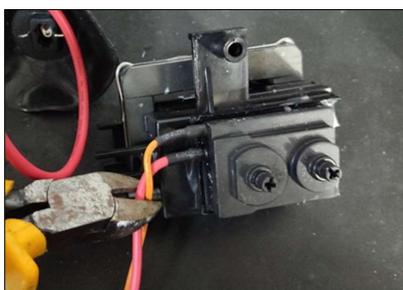


FIGURA 6. Eliminação de fios do flyback. Inspirado em: <https://youtu.be/tosK9r2StQk>

#### H. Construção do circuito oscilador

Para a construção do circuito que alimenta o flyback, foi feita uma adaptação de outro circuito usado em um trabalho apresentado por Marlon Nardi<sup>3</sup>. A adaptação foi com o objetivo de obter um oscilador Hartley de alta frequência (figura 7). De acordo com Branca (2018):

*O oscilador Hartley tem como principal característica um circuito LC no coletor, nesse tipo de oscilador a base do transistor é mantida em tensão constante e uma pequena quantidade de sinal é retirada a partir de uma derivação no indutor. Essa pequena quantidade de sinal tem como finalidade manter a alimentação do emissor, e assim, manter o transistor de potência em constante oscilação.* (BRANCA, 2018)

Devido à possibilidade de utilização do experimento por uma quantidade significativa de horas durante a apresentação em determinados eventos, foi-se acrescentado um segundo transistor de potência 2N3055 em paralelo com o transistor já existente no circuito original.

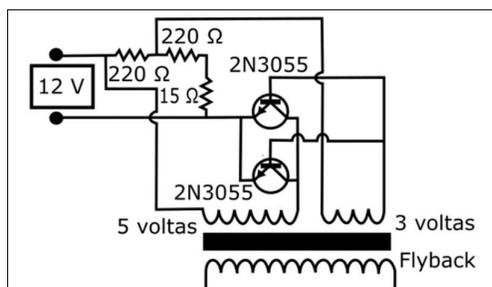


FIGURA 7. Circuito adaptado - Bobina de Tesla.

<sup>3</sup><https://www.marlonnardi.com/p/bobina-de-tesla-que-toca-muiscas-com.html>  
[www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF](http://www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF)

O circuito poderá ser feito numa placa de fenolite, ou simplesmente montado com cada componente soldado diretamente no outro. Como o circuito é razoavelmente simples e possui poucos componentes eletrônicos, não há problema se a montagem do circuito for rústica, com a ausência de placa de circuito impresso, desde que sejam tomados os devidos cuidados para evitar curtos e riscos de choque elétrico.

### I. Identificação dos terminais do Flyback

Para determinar os dois terminais do flyback que será utilizado como elevador de tensão basta usar o fio restante após o corte mostrado na figura 6. O fio restante geralmente é vermelho e está unido a uma ventosa, onde se prende no tubo das antigas TVs.

O segundo terminal pode ser localizado na barra de pinos da parte inferior do flyback. Será necessário fazer um teste para definir qual o exato pino correspondente. Para isso o circuito oscilador montado deverá ser ligado, tomando os devidos cuidados com a alta tensão. Deve-se buscar toda proteção com a devida atenção para que não haja em hipótese alguma uma descarga elétrica no corpo humano.

Deve-se aproximar o fio vermelho, anteriormente citado, em cada pino da parte inferior do flyback. O terminal que resultar em uma maior centelha (figura 8) é o polo negativo e deverá ser marcado, pois este é o segundo pino do transformador e será acoplado no circuito da bobina de Tesla. Os demais pinos podem ser isolados para evitar o efeito de fuga de corrente.

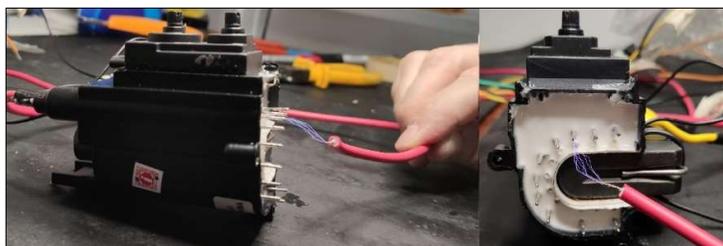


FIGURA 8. Detecção do terminal negativo do flyback.

### J. Junção do circuito oscilador com o circuito da Bobina de Tesla (SSTC)

Em seguida, após ter feito a montagem do circuito oscilador, se faz necessário a junção do mesmo com o circuito da bobina de tesla de estado sólido. Como os componentes da bobina tradicional são poucos, também poderá ser feito sem a necessidade de uma placa de circuito (figura 9)

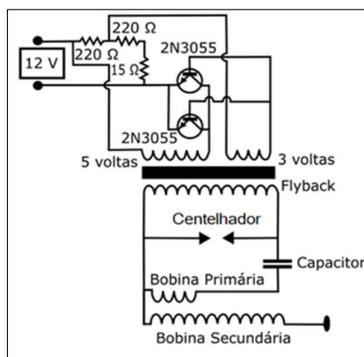


FIGURA 9. Circuito oscilador acoplado ao circuito da Bobina de Tesla.

Com a junção dos dois circuitos, basta montar a caixa para deixar o circuito resultante isolado e em segurança. Toda essa montagem deverá operar na faixa de 10 a 12 V, corrente contínua, com uma corrente de entrada de no mínimo 2 A. Essas configurações podem facilmente ser encontradas em fontes de alimentação disponíveis no mercado. Uma sugestão é aproveitar uma fonte ATX de computadores sucateados. Há muitos tutoriais na Internet ensinando como proceder<sup>4</sup>.

<sup>4</sup>[https://www.google.com/search?q=aproveitamento+de+fonte+ATX+computador&gs\\_ivs=1](https://www.google.com/search?q=aproveitamento+de+fonte+ATX+computador&gs_ivs=1)  
[www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF](http://www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF)

Se preferir usar capacitores de cerâmica e deixar a montagem mais compacta, basta ligar em paralelo capacitores de alta tensão (30 kv) de 1 pF e de 0,1 pF, que podem ser encontrados pela Internet. O circuito ficaria como mostra a figura 10. Uma sugestão é medir o valor da capacitância do circuito com os capacitores cerâmicos com um multímetro antes de usar. Isso mostra que os valores nominais nem sempre são muito precisos. No circuito testado foram usados um capacitor de 1 pF e dois de 0,1 pF para se obter 1,3 pF.

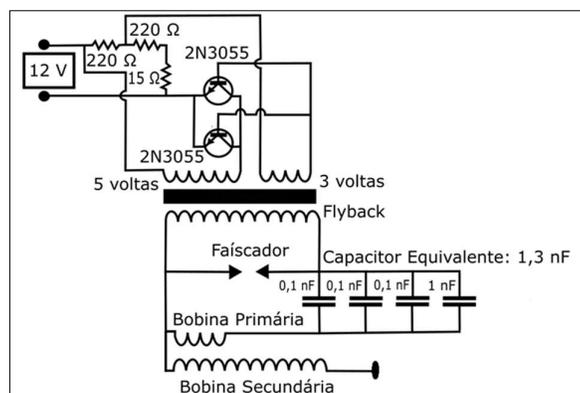


FIGURA 10. Circuito bobina de Tesla com capacitores cerâmicos.

Em relação ao centelhador, como afirma Laború e Arruda (2004), a tensão de saída poder ser variada regulando sua abertura. Nesta construção a abertura é inferior 5 mm. A regulagem da distância entre as pontas do centelhador, que podem ser de grafite ou de metal (no metal o desgaste das pontas é mínimo), deve ser dar na medida em que se observa o tamanho do arco voltaico produzido pela bobina secundária até o comprimento desejável.

#### K. Montagem da caixa e fixação dos componentes

Para terminar o projeto, basta somente fazer uma caixa para fixação dos componentes, neste caso foi feito com madeira, mas pode ficar a critério do projetista.

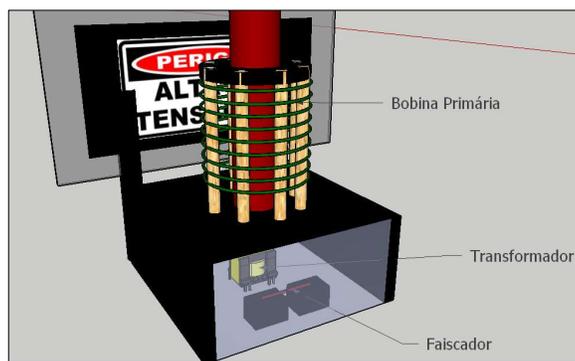


FIGURA 11. Caixa de proteção dos componentes do dispositivo.

As dimensões da caixa ficam a critério do reproduzidor deste modelo. É importante deixar uma janela para que se possa visualizar o interior da caixa. Para tal, propomos a utilização do acrílico, pois, protege e permite a visualização do interior. É aconselhável, também, deixar entrada de ar para facilitar o processo de resfriamento dos componentes eletrônicos.

Para facilitar, pode-se fazer um suporte para fixar o capacitor na própria caixa. Esse suporte constitui-se de dois pedaços de cano de 20 mm com um corte, feito a serra, para a entrada do capacitor de vidro, como mencionado anteriormente. Esses dois canos são fixados na parte traseira da caixa com quatro parafusos, conforme figura 12 abaixo.

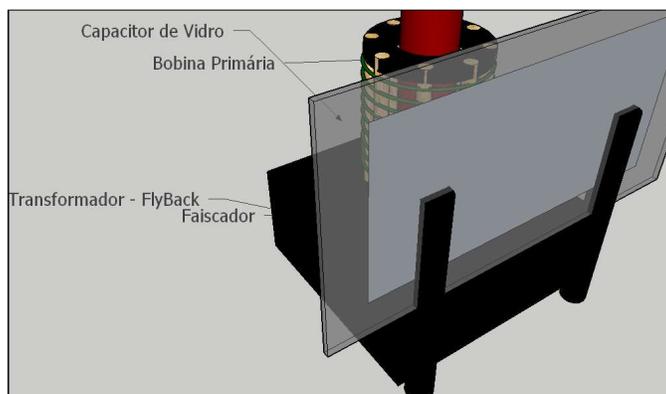


FIGURA 12. Suporte para fixação do capacitor

### III. ALGUMAS EXPERIÊNCIAS COM A BOBINA

Como proposto na introdução, a bobina construída foi usada com sucesso em todas as experiências sugeridas por Laború e Arruda (2004). É possível observar o efeito corona, realizar a experiência do para-raios, isolante e alta tensão, descargas elétricas em água doce e salgada, produção de ondas eletromagnéticas, blindagem eletromagnética (Laború e Arruda (2004).

A figura 14 mostra a medição do arco voltaico produzido pela bobina construída. Essa experiência possibilita uma estimativa de medida indireta da tensão gerada no circuito secundário. Essa medição é segura, pois a corrente elétrica no circuito secundário é muito baixa e não causa danos à saúde quando entra em contato com a pele, apenas se sente um pequeno efeito de queimadura, pois a centelha atua apenas na superfície da pele, de acordo com Tilbury (2008), para a frequência da corrente de saída do secundário na construção aqui proposta.

Chiquito e Lanciotti Jr. (2000) avaliam a tensão do secundário da bobina que construíram a partir de medições da descarga do transformador de alta tensão usado. Os autores comentam que estimativas teóricas da tensão necessária para vencer um centímetro do dielétrico do ar de 30 kV/cm (valor estimado também por Tilbury, 2008), não é preciso, pois muitas variáveis são desconhecidas, principalmente devido à instabilidade da atmosfera. Além disso, os cálculos teóricos se mostram imprecisos, pois as equações são deduzidas para condições ideais.



FIGURA 13. Comprimento do arco voltaico no flyback.

Sendo assim, o arco produzido no Flyback foi medido, como mostra a figura 13, com os devidos cuidados com a alta tensão. Pela medida realizada, a distância do arco voltaico foi estimada em 1,9 cm para uma tensão média de 27 kV estimada para o Flyback, de acordo com Kronjaeger (2004).

Como a distância do arco na bobina secundária é de 3,5 cm (figura 14), a tensão de saída é proporcionalmente 49,7 kV. A estimativa de aproximadamente 14 kV/cm é considerada nos locais das exposições realizadas pelo Caminhão com Ciência como o valor experimental da tensão necessária para que a corrente elétrica supere o dielétrico do ar.

A validade dessa afirmativa, dadas as devidas aproximações, se dá pelo fato das condições de temperatura, pressão, umidade e composição do ar apresentadas onde as medidas originais foram feitas serem semelhantes aos locais onde a bobina é exposta, por se tratar de um projeto de abrangência regional. A construção da bobina em regiões com diferentes CNTP (condições normais de temperatura e pressão), acrescentadas da umidade e composição do ar (necessária em locais com grande dispersão de poluentes ou grande altitude, por exemplo), requerem novas medições pois os resultados serão diferentes.



**FIGURA 14.** Comprimento do arco voltaico na bobina secundária.

Outro experimento interessante é o da descarga em lâmpadas. No exemplo da figura 15 uma lâmpada de vapor de sódio é aproximada da bobina. A descarga elétrica no tubo central produz uma cor amarela pálida. Nesse local há o vapor de sódio a baixa pressão aprisionado. Dentro do bulbo que envolve a lâmpada, a cor é rosa com as bordas azuis, característica do vapor de mercúrio a baixa pressão que ocupa essa região. A depender da disponibilidade de lâmpadas, pode-se fazer a investigação da composição de acordo com a cor produzida na descarga elétrica.



**FIGURA 15.** Descarga elétrica numa lâmpada de vapor de sódio.

## V. CONCLUSÃO

Os materiais usados na construção proposta possibilitaram uma redução grande dos custos. Além disso, a bobina é compacta, potente o suficiente para se realizar muitas ser usada em exposições científicas itinerantes ou fixas, bem como em sala de aula. As experiências mostradas são realizadas nas ações do Caminhão com Ciência e chamam muito o público, principalmente as crianças. Em sala de aula, o professor de física pode investigar as propriedades da matéria relativas à ionização de um gás, características das ondas eletromagnéticas, montagem e estudo de circuito RLC, análise das características dos raios por analogia, entre muitas experiencias, assim como está presente na bibliografia indicada e em muitas outras, principalmente àquelas produzidas em mestrados profissionalizantes.

## REFERENCIAS

Branca, P. (2004). *Oscilador Hartley*. Disponível em: <https://www.ibytes.com.br/o-oscilador-hartley-tem-como-caracteristica-um-circuito-lc-no-coletor/>. Acessado em: 16set2020.

Chiquito, A. J. e Lanciotti Jr., F. (2000). Bobina de Tesla: dos Circuitos Ressonantes LC aos Princípios das Telecomunicações. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 22(1). Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v22a09.pdf>. Acessado em: 15set2020.

Kronjaeger, Jochen (2004). *Transformadores Flyback*. Disponível em: <http://www.kronjaeger.com/hv/hv/src/fly/index.html>. Acessado em: 07dez2020.

Laburú, C. E. e Arruda, S. M. (2004). A Construção de uma Bobina de Tesla para Uso em Demonstrações na Sala de Aula. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 21(especial). Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/10008/14550>. Acessado em: 15set2020.

Tilbury, M. (2008). *The Ultimate Tesla Coil Design and Construction Guide*. Estados Unidos: McGrall-Hill.