

A UTILIZAÇÃO DO EFEITO ESTROBOSCÓPICO NO ESTUDO DE FENÔMENOS ONDULATÓRIOS, ELÉTRICOS E ÓPTICOS: INTERDISCIPLINARIDADE PROPORCIONADA VIA RECURSO EXPERIMENTAL

*The use of stroboscopic effect in the study of wave, electrical and optical phenomena:
Interdisciplinarity provided by experimental resources*

Rafael Glatz [glatzrafael@gmail.com]

Egon Henrique Dums [egondums@hotmail.com]

Eduardo Paganelli [wr.paganelli@gmail.com]

Stefany Caroline da Silva Cavalheiro [stefanycaroline.x@gmail.com]

Ana Paula Aguiar de Mendonça [apam25@gmail.com]

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Campus Jaraguá do sul –
Centro, Curso de Licenciatura em Física, Jaraguá do Sul, SC, Brasil.
Av. Getúlio Vargas, 830 - Centro, Jaraguá do Sul - SC, 89251-000*

Recebido em: 06/03/2018

Aceito em: 30/10/2018

Resumo

O presente trabalho explora a importância da experimentação no ensino-aprendizagem de ciências a partir da utilização do efeito estroboscópico para o estudo de fenômenos ondulatórios, elétricos e ópticos, além de proporcionar uma interdisciplinaridade entre Física, Química e Biologia. Acompanhada de revisão bibliográfica, a descrição da construção do aparato experimental compreende a elaboração e confecção de um circuito eletrônico, a construção de uma bomba de água e a montagem da estrutura de sustentação do aparato. A construção simples, o baixo custo e os diversos conceitos interdisciplinares a serem explorados consolidam a busca de métodos facilitadores por parte do professor no ensino básico. O incentivo do estudante à construção e desenvolvimento do dispositivo desperta interesse e curiosidade de forma natural, facilitando a construção do conhecimento de maneira significativa.

Palavras-chave: Experimentação, efeito estroboscópico, interdisciplinaridade, aprendizagem significativa.

Abstract

The present work focuses on the importance of experimentation in science teaching and learning. The stroboscopic effect has been used for the study of wave, electrical and optical phenomena. In addition, it has also been used to strengthen an interdisciplinary approach across Physics, Chemistry and Biology. The description of the construction of the experimental apparatus comprises the elaboration and the preparation of an electronic circuit, the construction of a water pump and the assembly of the support structure of the apparatus. In addition, a theoretical brochure has also been produced to explain the physical, chemical and biological processes involved in the project. The simple construction, the low cost and the interdisciplinary concepts promote the search for teaching methods which may help ease primary and secondary teacher's mediation. Results indicate that student's motivation for constructing and for developing the device naturally aroused interest and curiosity, thus facilitating knowledge construction in a meaningful way.

Keywords: Experimentation, stroboscopic effect, interdisciplinarity, meaningful learning.

1- Introdução

Atualmente um dos grandes desafios do professor é atrair a atenção dos estudantes para o conteúdo que está sendo exposto. Desta maneira, há inúmeros recursos didáticos que podem ser utilizados nas salas de aula para a aprendizagem dos alunos e também proporcionar momentos de descontração e integração entre os mesmos; nas aulas de ciências da natureza não é diferente. Na transição do ensino fundamental para o ensino médio, o estudante enfrenta as delimitações desta grande área do conhecimento, dando origem às matérias de Biologia, Física e Química, uma separação inexistente na natureza, já que todos os fenômenos ocorrem de maneira unificada.

Muitos são os estudos enfatizando a importância das atividades experimentais no ensino de Ciências (Gaspar, 2014; Couto, 2009; Grasselli & Gardelli, 2014; Fernandes, 2008; Reis & Silva, 2013). Tais atividades constituem e têm cumprido um papel fundamental no ensino-aprendizagem de ciências da natureza, pois estas têm por objetivo principal criar ações que visem motivar e despertar o interesse do aluno pelo conteúdo, incentivando o seu raciocínio lógico, a curiosidade e buscando aprimorar sua observação e compreensão dos fenômenos que ocorrem no seu cotidiano (Gaspar, 2014; Couto, 2009; Fernandes, 2008). Cabe salientar que, uma vez que os conhecimentos prévios dos alunos sejam levados em consideração, de forma prática e didática buscando atrair a atenção dos mesmos, isso auxiliará na aquisição de novos conhecimentos (Grasselli & Gardelli, 2014; Fernandes, 2008; Reis & Silva, 2013).

Segundo Gaspar (2014), a realização de trabalhos envolvendo atividades experimentais no ensino de ciências, particularmente no ensino de Física, é de fundamental importância para a aprendizagem dos conceitos científicos, pois a partir dessas atividades, o aluno se torna ativo no processo de aquisição do conhecimento. A prática experimental torna-se uma ferramenta essencial junto às aulas expositivas, no que tange a formação do conhecimento, visto que os conteúdos passam a ser assimilados de maneira significativa ao serem relacionados a conceitos de outras áreas de conhecimento, como por exemplo, Química e Biologia.

De acordo com a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel (Moraes & Silva, 2014; Ausubel, Novak & Hanesian, 1978; Moreira, 1995; Giane, 2010), o grande objetivo da educação formal está na organização da informação para os alunos, de maneira a expor as ideias de forma clara e precisa facilitando a aquisição por parte destes de forma significativa, ampliando e reconfigurando ideias já existentes na estrutura mental do aluno. Sendo assim, o papel do professor torna-se de fundamental importância, visto que é responsabilidade do mesmo perceber a importância da junção de atividades experimentais junto às aulas expositivas, buscando planejar e elaborar às mesmas de maneira a relacionar e incorporar novas informações à estrutura de conhecimento já existente no aluno, estimulando, desta maneira, a formação de novas âncoras para a aprendizagem (Moraes & Silva, 2014; Ausubel, Novak & Hanesian, 1978; Moreira, 1995; Giane, 2010).

No que se refere ao ensino de Física e a relação interdisciplinar com Química e Biologia, há uma infinidade de aparelhos, instrumentos ou fenômenos que se utilizam parcial ou integralmente de fenômenos ondulatórios, ópticos e elétricos (Reis & Silva, 2013; Moraes & Silva, 2014; Giane, 2010). Seus conteúdos, apesar disso, podem se mostrar um tanto quanto fragmentados e carentes de simultaneidade dentro das escolas no que se refere à multidisciplinaridade, sendo o aluno o principal prejudicado com essas disposições acadêmicas. Para minimizar os problemas de um ensino particionado, existem diversos meios que visam a receptividade do aluno em relação às percepções e a relevância de tais fenômenos para sua vida como indivíduo inserido na sociedade (Reis & Silva, 2013; Moraes & Silva, 2014; Giane, 2010).

Pensando em como instigar e incentivar o aluno a fixar e construir conceitos científicos de forma significativa, o presente trabalho teve por objetivo a elaboração e a utilização de um recurso experimental, com a finalidade de promover a visualização e o estudo de fenômenos ondulatórios,

elétricos e ópticos utilizando o efeito estroboscópico (Guedes, 2002; Pastana, Gomes & Castro, 2007; Pscheidt, 2013; Romiti, 2016). A construção e o desenvolvimento do dispositivo se tornam ferramentas essenciais para despertar o interesse e a curiosidade dos alunos de forma natural e, assim, compreender diversos conceitos envolvidos na construção e execução do mesmo, além de proporcionar a interdisciplinaridade entre Física, Química e Biologia. Cabe salientar que, uma vez que o professor consegue fazer com que o aluno amplie sua visão de ideias a partir da manipulação e construção de experimentos, ele estará desenvolvendo nesse aluno o conhecimento científico (Ausubel, Novak & Hanesian, 1978; Moreira, 1995; Giane, 2010).

Para atingir o objetivo didático foi proposta a elaboração de um projeto integrador onde, em um único experimento, pudessem ser explorados fenômenos biológicos, físicos e químicos. No experimento em questão foram vinculados junto à eletrônica, os efeitos ondulatórios que provocam movimentos oscilatórios na água, e a partir destas oscilações foram realizadas observações e analogias com alguns fenômenos ondulatórios que, por sua vez, só podem ser observados com o auxílio do efeito estroboscópico, mostrando como a visão humana não é capaz de compreender toda ação provocada por frequências muito altas.

O custo relativamente baixo do recurso torna o mesmo uma ferramenta facilitadora no ensino de Física em sala de aula, abordando, ao mesmo tempo, a interdisciplinaridade com Biologia e Química a partir das discussões realizadas em função dos conceitos científicos envolvidos na construção e execução do experimento e na elaboração do material teórico de apoio, tornando a sala de aula um ambiente de interesse e de investigação.

2- Fundamentação Teórica

2.1- A importância da experimentação no processo de ensino-aprendizagem

É na Grécia antiga onde se encontram os primeiros registros científicos que já procuravam explicar os fenômenos da natureza com base em observações, deixando de lado séculos de crenças e dogmas (Gaspar, 2014; Praia, Cachapuz & Péres, 2002; Silveira & Ostermann, 2002). Essa atitude certamente foi um passo essencial à humanidade que, desde então, tem feito descobertas e criações memoráveis (Gaspar, 2014; Praia, Cachapuz & Péres, 2002; Silveira & Ostermann, 2002). Mas será mesmo que apenas com o ato da observação é possível chegar a conclusões definitivas?

Teoria, experimentação e observação são três ferramentas essenciais da ciência, cada uma com seu momento certo e maneira certa de serem empregados. A teoria é a base de tudo, responsável por prever fenômenos. A observação, por sua vez, procura com os instrumentos adequados aquilo que já foi previsto anteriormente. A experimentação dá a forma física aos cálculos, conduzindo mentes curiosas a se questionarem cada vez mais (Gaspar, 2014; Praia, Cachapuz & Péres, 2002; Silveira & Ostermann, 2002).

Durante muito tempo a educação se resumiu a “transferência” do conhecimento do professor para o aluno, não havia métodos para aperfeiçoar o conhecimento dos alunos, nem tão pouco instigá-los a procurar por mais desafios. Segundo Gaspar (2014) isso se deve principalmente em razão de que, ao longo da história, as diversas tentativas de elaborar uma didática voltada para a experimentação tenham falhado, exemplo disso é a Nova Escola, movimento que surgiu entre o final do século XIX e o início de XX como resposta ao modelo tradicional de ensino, porém, em vista da inferioridade de resultados que eram obtidos com alunos egressos de escolas com essa metodologia, logo ficou evidente que ainda faltava algo no planejamento da matéria. O autor ainda cita o PSSC (“Physical Science Study Committee”) e o PEF (Projeto de Ensino de Física), outros projetos que propunham a educação por meio da experimentação, mas que acabaram por não apresentar os resultados esperados (Gaspar, 2014). Portanto, considerando o fracasso dos movimentos que tentaram inserir a experimentação na educação, levanta-se a questão: o que há de errado?

O ensino de ciências de modo geral vem sofrendo ao longo dos anos com a falta de recursos para a aquisição de materiais e equipamentos para laboratórios didáticos e, também, conforme cita Vasconcelos e colaboradores (2003), a falta de preparo dos próprios docentes ao longo de sua formação acadêmica no quesito preparo científico prático soma-se a essa deficiência na hora de implementar aulas de cunho experimental (Gaspar, 2014; Vasconcelos, Costa, Santana & Ceccatto, 2003). A importância da experimentação encontra-se na materialização de algo antes abstrato, característica essa que é muito notável no ensino de ciências, pois permite aos alunos uma nova perspectiva dos fenômenos que já são conhecidos, ainda mais quando se ancora às estruturas previamente estabelecidas na esfera cognitiva do aluno (Fernandes, 2008; Reis & Silva, 2013; Moraes & Silva, 2014; Brasil, 1999).

A utilização de aulas experimentais no ensino de ciências deve estar presente ao longo de todo o processo de aprendizagem do aluno, pois por meio desta prática se torna mais fácil o desenvolvimento de conhecimentos científicos significativos, garantido que o aluno construa outras habilidades, tais como investigar, argumentar e interagir (Fernandes, 2008; Reis & Silva, 2013; Moraes & Silva, 2014; Brasil, 1999). Além disso, tais atividades aguçam a troca de experiências, o diálogo e o espírito investigativo em relação à compreensão de fenômenos naturais e tecnológicos presentes no seu cotidiano. É importante que o professor se coloque no papel de incentivador e orientador, sendo capacitado a demonstrar e orientar o aluno na realização destas atividades, buscando instigar o mesmo à busca por novos conhecimentos e, conseqüentemente, fazendo com que o aprendizado seja mais significativo.

2.2- O Efeito Estroboscópico como ferramenta para o estudo de Ondulatória, Óptica e Eletricidade:

O efeito estroboscópico é uma ilusão óptica decorrente da interação entre uma luz estroboscópica e algum objeto em movimento periódico, resultando na impressão de um movimento aparente e ilusório (Guedes, 2002, Pastana, Gomes & Castro, 2007, Pscheidt, 2013; Romiti, 2016). Em outras palavras, a luz estroboscópica é uma fonte luminosa intermitente entre luz intensa e ausência de luz, ou seja, é uma fonte de luz pulsante (Pscheidt, 2013). Um movimento periódico é um movimento que se repete, como os ciclos em uma onda harmônica; já o movimento ilusório é resultado de uma limitação do olho humano (Pscheidt, 2013; Stolfi, 2008).

O estudo dos movimentos ondulatórios encontra-se nos mais variados âmbitos tecnológicos e cada vez mais presentes no cotidiano de toda a sociedade. Além disso, este estudo, além da formação de imagens pelo olho humano, é fundamental para a compreensão dos fenômenos observados a partir do recurso experimental apresentado neste trabalho, o que pode despertar curiosidade ou, até mesmo, facilitar a compreensão do aluno a respeito destes conhecimentos, mais especificamente, do movimento ondulatório simples.

Com relação às percepções dos fenômenos ondulatórios e suas relações com o efeito estroboscópico, pode-se começar tratando do sistema óptico humano. Aqui cabe a pergunta: existem condições que desafiam os sentidos humanos? Conforme Stolfi (2008) “a percepção visual é um processo de reconstrução da realidade exterior realizado pelo córtex cerebral, a partir de informações fragmentadas captadas pelos olhos”. Quando há a projeção de imagens com uma diferença de tempo muito pequena na transição entre uma imagem e outra, existe a ideia da persistência retiniana ou inércia ocular. Esta limitação é extremamente importante, pois permite a ilusão de continuidade de imagens, que na verdade são descontínuas e imóveis quando captadas pelo olho humano (Kolers, 1972).

Por muito tempo, a persistência retiniana foi considerada como resultado de uma limitação física no nervo óptico, onde esse conservava, durante alguns segundos, as imagens dos objetos. No entanto, estudos no âmbito da psicologia levantaram algumas questões a respeito deste conceito da

inércia ocular (Romiti, 2016). A partir dos diversos estudos, procurou-se conhecer novas relações entre a ocorrência do fenômeno e as interpretações do cérebro.

Estudos realizados por Paul Kolers (Kolers, 1972; Romiti, 2016) com a utilização de pontos luminosos cintilantes mostraram que não haveria necessariamente similitudes entre os processos resultantes na observação de lampejos de luzes espacialmente distantes ou situadas em proximidade. Desta forma, a maneira como o sistema visual construiria os dois processos de percepção do movimento aparentavam ser significativamente diferentes, ou seja, os pontos luminosos cintilantes que se intercalavam em proximidade seriam interpretados, pelo cérebro, através do mesmo mecanismo utilizado para compreender o movimento real, enquanto que, quando os pontos luminosos se intercalassem com maior distância, um processo neurológico diferente seria utilizado (Kolers, 1972; Romiti, 2016).

O efeito estroboscópico pode ser utilizado para se obter tanto a impressão de ausência de movimento, quanto um movimento progressivo ou retrógrado (Guedes, 2002; Pastana, Gomes & Castro, 2007; Pscheidt, 2013; Romiti, 2016). Para tal é necessário que a frequência do movimento periódico do objeto seja próxima, ou múltipla, da frequência da luz estroboscópica: considerando os pulsos de luz e os ciclos de movimento como oscilações periódicas, é possível relacionar as quantidades de pulsos e ciclos com frequências, sendo assim, uma unidade de tempo dividida pelo número de pulsos ou ciclos (Guedes, 2002; Pastana, Gomes & Castro, 2007; Pscheidt, 2013; Romiti, 2016).

Se a frequência se igualar, haverá a sensação de que o objeto está parado. Se o objeto for acelerado, aumentando assim a velocidade angular do movimento, o efeito será de que está levemente se movimentando para frente, como se fosse câmera lenta. Da mesma forma ocorre se o movimento periódico do objeto perder a sua velocidade angular, porém, desta vez, ele parecerá que está recuando (Guedes, 2002; Pastana, Gomes & Castro, 2007; Pscheidt, 2013; Romiti, 2016).

Aproveitando-se da persistência retiniana, o efeito estroboscópico foi utilizado, inicialmente, na produção e reprodução de filmes e desenhos animados (Pscheidt, 2013). Atualmente é utilizado em todos os *displays* de imagens, encontrados em televisores, *smartphones*, painéis publicitários, etc. O fenômeno ocorre porque são colocadas sucessivas fotos em uma taxa mais alta do que o olho humano consegue perceber, existindo, dessa forma, a impressão de movimento (Pscheidt, 2013). Outra aplicação para o efeito estroboscópico é na fonoaudiologia: empregando-o na laringe, é possível obter um melhor detalhamento e diagnóstico de problemas nas cordas vocais observando, por exemplo, a movimentação das pregas, simetria das mesmas, etc (Pastana, Gomes & Castro, 2007).

Mas e a relação do efeito estroboscópico com a eletrônica? Como a ideia base do presente trabalho foi a construção e a execução de um aparato experimental para a utilização didática na discussão e construção de conhecimentos científicos envolvendo Física, Química e Biologia, a eletricidade está diretamente ligada ao experimento, uma vez que o circuito responsável pelas vibrações mecânicas, que irão possibilitar a visualização do efeito estroboscópico e as analogias com o estudo de ondulatória, foi construído do zero. Ainda, dentro do âmbito eletrônico, oscilações periódicas estão profundamente presentes nos circuitos, utilizadas, por exemplo, na temporização de equipamentos como relógios, computadores, televisores, etc. Consequentemente, existem inúmeras maneiras de obtê-las; dentre elas, o método a ser explorado neste trabalho: um multivibrador de livre funcionamento (Fuller, 2012; Malvino, 2000).

Infinitas são as aplicações e relações interdisciplinares envolvendo o efeito estroboscópico (Guedes, 2002; Pastana, Gomes & Castro, 2007; Pscheidt, 2013; Romiti, 2016; Vasconcelos, Costa, Santana & Ceccatto, 2003; Stolfi, 2008; Kolers, 1972; Amabis & Martho, 2004). Dentro da Física pode-se explorar desde conceitos de física básica até mesmo conceitos de física moderna, visto que quando se tratam dos componentes eletrônicos envolvidos no circuito eletrônico, o professor pode

explorar conceitos de semicondutores, transistores, diodos, etc, o que por sua vez chama a atenção e a curiosidade do aluno para o funcionamento de tecnologias envolvidas no seu cotidiano (Fernandes, 2008; Reis & Silva, 2013; Moraes & Silva, 2014; Almeida, Costa, Nascimento & Lopes, 2016; Usberco & Salvador, 2012; Mehl, (n.d.)).

3. Materiais e Métodos

Nesta seção serão discutidos os materiais e métodos aplicados na elaboração e construção do aparato experimental. O trabalho foi realizado pelos estudantes do curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFSC) – Câmpus Jaraguá do Sul – Centro, ao longo da disciplina de Princípios das Ciências 1. Além do aparato experimental, foi elaborado material teórico de apoio, no qual foram discutidos em detalhes todas as questões e conceitos físicos, químicos e biológicos envolvidos no projeto. Esta proposta tem como objetivo ajudar o professor em sala de aula, buscando aperfeiçoar e instigar o espírito investigativo dos estudantes do ensino médio, possibilitando uma interdisciplinaridade entre Física, Química e Biologia.

3.1- Aparato Experimental

A estrutura fundamental do recurso experimental foi subdividida em três partes: o circuito eletrônico, a construção da bomba de água e a sustentação e disposição dos demais componentes. Empregando um alto falante como oscilador periódico e uma mangueira de aquário para direcionar a água, foi possível oscilar a água, que escorre pela mangueira por conta da gravidade, em variadas frequências e, empregando uma fonte de luz controlada, no caso uma luz emergencial de LED, foi possível visualizar o desejado efeito estroboscópico. A bomba de água foi construída com materiais reaproveitados e a estrutura de sustentação, para uma maior locomoção, foi feita em madeira.

3.1.1- Circuito eletrônico

Para o controle das frequências da luz estroboscópica (lâmpadas de LED's) e do pulso mecânico (gerado a partir de um alto falante reaproveitado) foi empregado o circuito integrado LM555: um temporizador aplicado a circuitos eletrônicos osciladores que utiliza a carga e descarga de um capacitor para a estabilidade das oscilações. Com a inserção de um resistor variável foi possível regular e definir um tempo maior ou menor de carga do capacitor, resultando assim, em frequências ajustáveis. O circuito eletrônico, demonstrado na Fig. 1, foi construído em um *site* de esquemáticos e simulações, de livre acesso, denominado *EasyEDA* (He & Cui, 2015). Criado por Dillon He e Eric Cui, o *EasyEDA* é um conjunto de ferramentas online que permite a criação, a simulação e a discussão de esquemáticos. Idealizado para auxiliar no desenvolvimento de “designs” eletrônicos, sejam esses amadores ou não, o “site” disponibiliza ferramentas e instruções sob a proteção de licença Creative Commons (He & Cui, 2015).

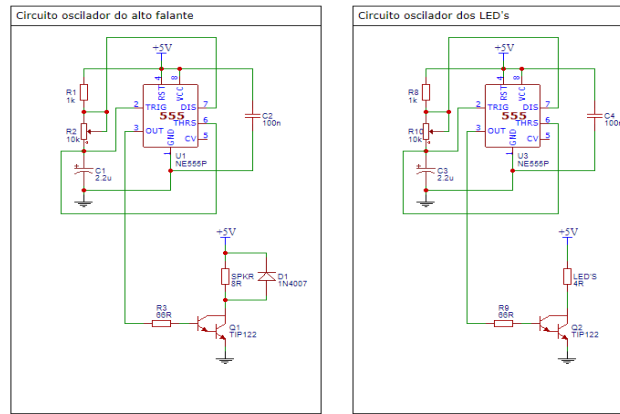


Fig. 1 – Circuito eletrônico elaborado com o auxílio do software *EasyEDA*.

Uma vez que o circuito foi construído no *EasyEDA* e testado, a próxima etapa consistiu na soldagem da placa seguindo o esquema simulado. Foram utilizados na montagem do circuito 2 CI LM555, 2 CILM741, 4 soquetes estampados de 8 pinos, 2 resistores de $\frac{1}{4}W$ 1K , 4 resistores de $\frac{1}{4}W$ 10K, 2 resistores 3W 56R, 4 potenciômetros lineares de 10K, 2 capacitores eletrolíticos de 2,2 μF 50V, 2 capacitores cerâmicos 100nF 100V, 2 transistores de potência TIP31C, 1 placa de circuito impresso ilhada 10 \times 10, 4 borne fêmea 2EDGK 2 vias e 4 borne macho 2EDGRC 2.

Chamamos a atenção para a primeira versão de simulação do circuito. O mesmo possuía funcionamento como esperado, tanto com o alto falante quanto com a lâmpadas LED's. Todavia, foi percebido que os pulsos de luz gerados possuíam a porcentagem do seu tempo ativo de, mais ou menos, 50% em relação ao período da onda gerada pelo circuito integrado (CI LM555). Em outras palavras, se o sinal de saída do CI fosse de 0,5 s como sendo seu período, 0,25 s deste tempo, então, seria um sinal de nível alto. Para, de fato, haver o efeito desejado, os pulsos de luz deveriam possuir um tempo ativo mais curto, algo como 10% em relação ao período do sinal gerado, como pode ser visualizado na Fig. 2, a seguir.

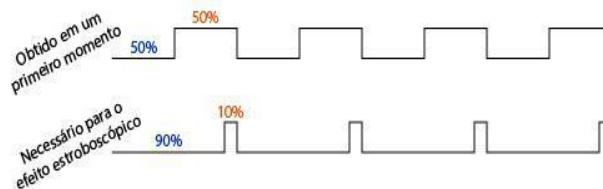


Fig. 2 – Período de luz obtido e necessário, respectivamente.

Para contornar esta dificuldade, foi utilizado um circuito integrado comparador, o LM741. Assim, foi possível ajustar o tempo ativo, tanto da luz estroboscópica quanto do alto falante, através de um resistor variável. O circuito final utilizado é apresentado na Fig. 3 (a) e (b), junto com o esquema, Fig. 3(c), utilizado para ajudar a soldar os componentes eletrônicos na placa de cobre ilhada e em (d) a imagem do circuito final na placa ilhada.

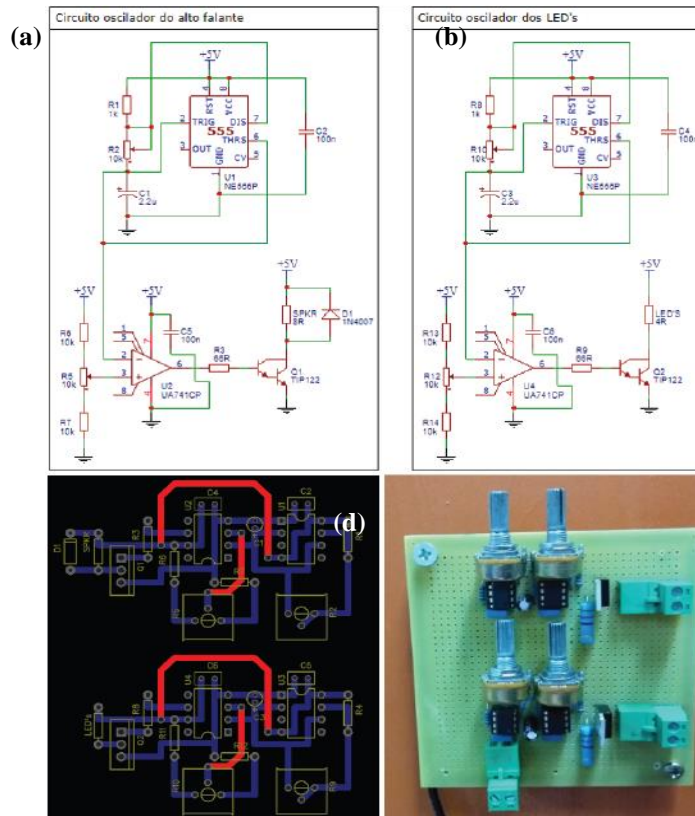


Fig. 3 – Disposição do circuito final em (a) para o oscilador do alto falante e em (b) para o oscilador dos LED’s; em (c) imagem esquemática para auxílio na montagem sobre a placa e em (d) imagem final do circuito na placa ilhada.

3.1.2- Construção da bomba de água

A bomba de água foi construída utilizando materiais de fácil acesso. Foram utilizadas na fabricação da mesma três tampas de refrigerante, duas conexões para mangueira (pode ser hidráulica ou para ar comprimido), um motor de 12V reaproveitado de uma impressora com defeito, cola quente e cola instantânea. A Fig. 4-a apresenta os materiais utilizados.



Fig. 4 – Construção da bomba d’água. Em (a) materiais utilizados; em (b) Motor finalizado.

O primeiro passo na construção do motor foi perfurar uma das tampas, de modo a encaixar uma das conexões. Após, foi aplicada cola quente para unir e vedar. A segunda tampa foi perfurada a partir de sua base para encaixar o eixo do motor e, em seguida, foi aplicada cola quente. Foi necessário perfurar uma “meia lua” em cada tampa, para que, depois de unidas, fosse possível encaixar a segunda conexão (Fig. 4-b(*)). Para que o motor apresentasse a função de bombear a água, foram construídas as pás da “turbina”, para tal, fora utilizada a terceira tampa. Cortando a parte de cima desta tampa, de modo a entrar nas outras duas, perfurou-se a mesma no meio para que encaixasse no eixo do motor. Com o resto da tampa, foram cortadas quatro peças, as quais foram unidas com o auxílio de cola instantânea, reforçando com um pouco de cola quente. O rotor

finalizado pode ser visualizado na Fig. 4-a. A hélice foi colocada no eixo do motor com o auxílio de cola instantânea e em seguida foram unidas as duas tampas e a conexão. Para finalizar a construção foram aplicadas cola instantânea e cola quente em todo o conjunto. A Fig. 4-b mostra o motor finalizado.

3.1.3- Sustentação e disposição dos componentes

A estrutura “bruta” do recurso experimental está ilustrada na Fig. 5. A carcaça foi feita com madeira de pínus reaproveitada, a qual foi cortada e, logo após, montada com parafusos, resultando em dimensões internas de 765×293×318 mm. Com a finalização da montagem uma fina camada de tinta foi passada na parte externa e material impermeabilizante emborrachado na parte interna da estrutura, evitando, desta maneira, que a água estrague a madeira

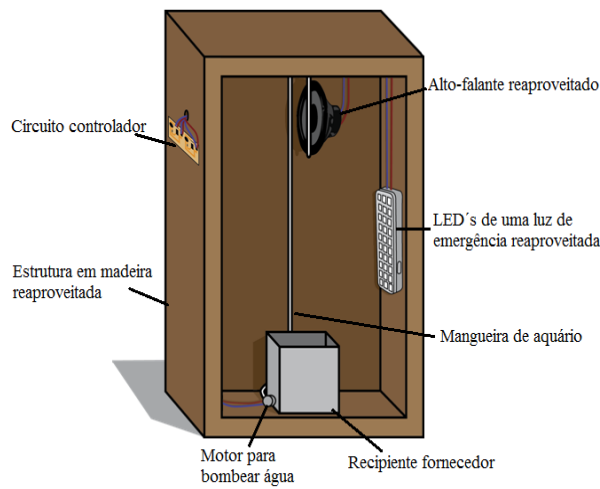


Fig. 5 – Esquema da estrutura de sustentação do aparato experimental.

A montagem interna desenvolveu-se, primeiramente, com um alto falante reaproveitado, que foi fixado na parte superior da caixa por dois pedaços de madeira, também com parafusos. Após a fixação do alto falante, o reservatório de plástico e a mangueira de aquário foram fixados com a utilização de cola quente. A mangueira de aquário foi fixada na bomba d’água e esta foi fixada no reservatório de água.

Uma fonte de celular, com uma tensão de 5V, foi utilizada no recurso experimental. No entanto, por conta do componente indutivo do circuito (alto falante), existia uma alta interferência nas frequências do alto falante e da luz estroboscópica, inviabilizando a visualização do efeito, assim como a bomba d’água não possuía força suficiente para bombear a água com uma alimentação de 5V. Para contornar estes problemas, foi reaproveitada uma fonte de computador a fim de separar os circuitos: para o circuito do alto falante, a fonte de celular permaneceu em utilização; já o circuito da luz estroboscópica e a bomba d’água foram alimentados, respectivamente, com 5V e 12V da fonte de computador. Por fim, uma luz emergencial de LED foi reaproveitada para ser empregada como a luz estroboscópica do experimento. Esta fora fixada em frente ao alto falante. Com a finalização das ligações elétricas através de cabos flexíveis de 1mm, o recurso experimental fora finalizado. A Fig. 6 mostra a montagem final do circuito eletrônico e do aparato experimental como um todo.

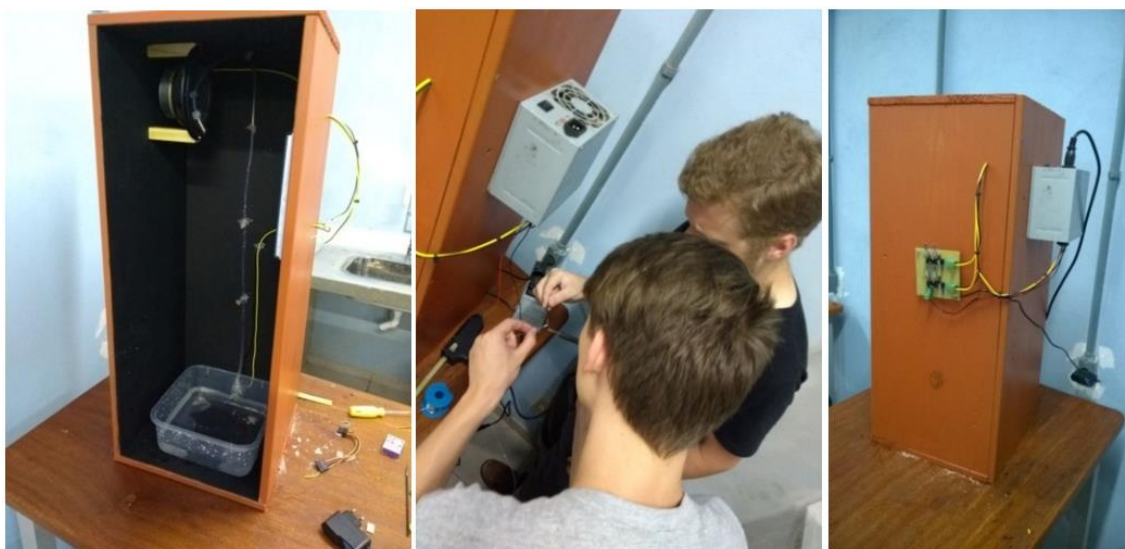


Fig. 6 – Recurso experimental finalizado.

4. Resultados e Discussões

O presente trabalho é resultado de um projeto de pesquisa desenvolvido e executado, na sua totalidade, pelos acadêmicos do curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – Câmpus Jaraguá do Sul – Centro, durante a disciplina Princípios da Ciência 1. Tratando-se de uma experiência de ensino interdisciplinar, na qual atuaram três professores das áreas de Física, Química e Biologia, os estudantes foram convidados a desenvolver ao longo do semestre um projeto integrador envolvendo essas áreas de conhecimento. Do ponto de vista da aprendizagem significativa, é possível afirmar a potencialidade da proposta, visto que os próprios estudantes do curso aplicaram, no decorrer da disciplina, as ideias envolvidas em tal teoria, pois construíram novos conhecimentos a partir das habilidades e conhecimentos prévios de cada membro do grupo.

No decorrer do projeto, os estudantes desenvolveram, paralelamente à construção do aparato experimental, materiais teóricos e seminários específicos envolvendo as três áreas de conhecimento. Nessas produções, voltadas à disciplina, foram discutidos desde conceitos físicos, como o movimento ondulatório e circuitos eletrônicos, conceitos químicos, envolvendo dopagens, sítios, composição do átomo e distribuição eletrônica e conceitos biológicos sobre o sistema visual humano. Além disso, a própria finalização e apresentação do aparato experimental aos colegas, revelam a eficácia da proposta. A seguir serão discutidos os principais resultados obtidos pelos acadêmicos com a construção e execução do aparato experimental, assim como as infinitas possibilidades de transposição didática envolvendo essas áreas de conhecimento no ensino básico.

4.1- Recurso Experimental Finalizado

Ao colocar em funcionamento o aparato experimental percebe-se que ao mesclar o movimento oscilatório da água com a frequência dos pulsos de luz, é possível identificar três situações distintas. Como já mencionado anteriormente, estas situações são caracterizadas pelos movimentos retrógrado e progressivo, assim como a ausência de movimento.

Essas situações são criadas a partir do efeito estroboscópico associado ao experimento. Conforme a regulação executada em cada um dos resistores variáveis, tanto para o que está associado à frequência da água, como para os pulsos de luz, se faz possível a verificação desses estados ilusórios. Utilizando como padrão uma única frequência para a oscilação da água, ao igualar a mesma para a luz, o resultado final será ausência de movimento, ou seja, se tem a ilusão de que a mesma está “parada no ar”. É possível neste caso específico, fazer uma analogia desta situação para

a visualização do conceito Físico de ondas estacionárias, que por sua vez, são ondas que não se propagam.

Ao existir uma variação maior de frequência do pulso de luz em relação à frequência do pulso mecânico na água, a impressão que é constatada é de que a água está se movimentando para frente, ou seja, um movimento progressivo. Da mesma forma, é possível caracterizar um movimento retrógrado quando esta variação é menor que a frequência do pulso mecânico, neste caso, existe a ilusão de que a água está se movimentando em sentido contrário a aceleração da gravidade. A Fig. 7 mostra uma sequência de *frames* de uma captura de vídeo referente à execução do experimento.



Fig. 7 – Sequência de *frames* de uma captura de vídeo referente à execução do experimento em sala de aula.

Essas três situações, relacionadas acima, são frutos de ilusões ópticas. Conforme já abordado na seção 2.2, quando o nosso sistema visual percebe a luz que está presente no experimento, por ela não se apresentar como uma luz contínua, só é registrado o que está acontecendo quando a luz está acesa. Todo movimento presente quando a mesma está apagada não é computado, faltando então alguns períodos de informação, que dependendo da combinação de frequência entre a luz e a água, acaba por gerar tais ilusões descritas acima.

Do ponto de vista da transposição didática para o ensino básico, como resultado imediato do experimento, pode-se trabalhar tanto a Física com os conceitos de ondulatória, como também a Biologia que está associada ao nosso sistema visual, sua percepção e funcionamento. Todavia, é possível ir além se analisarmos todos os conceitos envolvidos na construção do próprio experimento, onde é possível exaltar amplamente a Química e a Física envolvida nos componentes eletrônicos utilizados na construção do circuito. Por exemplo, os circuitos integrados, conceitos de comparadores, transistores, circuitos resistor-capacitor (circuito RC), circuitos divisores de tensão e etc. Todos estes assuntos podem ser trabalhados de forma conjunta entre essas duas disciplinas. A interdisciplinaridade entre Física e Química, a partir desse contexto, torna-se grandiosa e estimula o estudante na busca por novos conhecimentos e a inter-relação dos conceitos físico-químicos envolvidos nestes processos.

A implementação de seqüências didáticas envolvendo aulas expositivas e experimentais entre Física e Química, a partir dos conhecimentos prévios dos alunos abre um leque de discussões sobre os diversos conhecimentos científicos envolvidos na construção do aparato experimental. O professor pode optar pela construção antecipada do experimento para a introdução aos diversos conteúdos envolvidos no mesmo, até a proposta de construção do dispositivo como um todo. Ao longo do ano curricular, o mesmo pode buscar a interdisciplinaridade com atividades diversas entre Física, Química e Biologia; sejam estas atividades aulas expositivas, seminários, aulas

experimentais, entre outros. A finalização da construção do experimento pelos alunos pode dar-se como ponto chave de um projeto integrador entre as disciplinas, onde os mesmos apresentem seus estudos e aprendizados junto com a construção do próprio aparato experimental.

Como foi mencionado na seção anterior, o conceito de ondulatória está fortemente relacionado a muitos fenômenos envolvidos no aparato experimental. Sabe-se que onda é uma perturbação periódica que consiste no transporte de energia, necessitando ou não de um material para se propagar, evidenciando as ondas mecânicas e eletromagnéticas, respectivamente. A perturbação, no caso das ondas mecânicas, é a alteração da forma de equilíbrio do material (Tipler & Mosca, 2006). Além dos fenômenos oscilatórios envolvidos no efeito estroboscópico e até mesmo na eletrônica, o presente aparato experimental possibilita a realização de analogias de conceitos básicos de ondulatória, uma vez que os pulsos gerados com o alto falante fazem com que um trem de ondas seja gerado na água.

5. Conclusão

O recurso experimental finalizado mostrou-se proveitoso no que se refere à visualização do efeito estroboscópico e bastante flexível para o professor que desejar utilizá-lo em sala de aula, sendo a locomoção, aliada ao custo relativamente baixo do recurso, contribuições do mesmo para o ensino de Física em sala de aula. Sua utilização no ensino-aprendizagem abre um leque de possibilidades conceituais que vão desde o ensino de ondulatória e óptica, ministrados no 2º ano do ensino médio, até o ensino de eletricidade e física moderna, ministrados no 3º ano do ensino médio. Ressaltam-se ainda as diversas contribuições e aplicações interdisciplinares entre Física, Química e Biologia.

Um dos caminhos que este recurso experimental oferece para futuras pesquisas é, de fato, a aplicabilidade em sala de aula no ensino médio: de que forma os alunos percebem o recurso experimental? Existe interesse? Quais as repercussões no aprendizado dos alunos? A revelação do funcionamento dos circuitos eletrônicos promove um olhar mais atento à magnitude da eletrônica no cotidiano do aluno?

Diante disso, destacamos a eficiência do uso da experimentação nas aulas como um elemento importante, porém, não completo, visto que a forma tradicional de ensino, ou seja, aulas expositivas, com explicações teóricas e resoluções de exercícios, são muito importantes para o aprendizado. Porém, a união dessa metodologia com atividades experimentais leva o estudante a despertar o espírito investigativo, além de promover a construção dos conceitos pautados no desenvolvimento de projetos que possam estabelecer a articulação entre diferentes instrumentos científicos e tecnológicos produzidos na atualidade.

Concluimos o presente trabalho enfatizando a importância da experimentação no ensino de Ciências como um todo (seja Física, Química ou Biologia), uma vez que o ato de experimentar é de fundamental importância no processo de ensino-aprendizagem e tem sido enfatizado por muitos autores. Cabe salientar que essa ênfase por um ensino experimental adiciona importantes contribuições à teoria da aprendizagem em busca da construção do conhecimento.

6. Referências

Almeida, C. M. M., Costa, R. D.A., Nascimento, J. M. M., & Lopes, P. T. C.(2016). *Sequência didática eletrônica utilizando ferramentas digitais para favorecer o processo de ensino e aprendizagem das Ciências no ensino superior*. In: III Simpósio Internacional de Enseñanza de lasCiencias – 2016. Anais... p.313-318.

Amabis, J. M., & Martho, G. R. (2004). *Biologia dos Organismos: A diversidade dos seres vivos, anatomia e fisiologia de plantas e animais*. São Paulo: Moderna.

- Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1978). *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Brasil (1999). *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica.
- Couto, F. P. (2009). *Atividades experimentais em aulas de Física: Repercussões na motivação dos estudantes, na dialogia e nos processos de modelagem e aprendizagem*. (Dissertação de Mestrado, UFMG).
- Fernandes, R. J. (2008). *Atividades práticas: Possibilidades de modificações no ensino de física*. Perquirere. Acesso em 5 out., 2017, <http://loos.prof.ufsc.br/files/2016/03/ATIVIDADES-PR%C3%81TICAS-POSSIBILIDADES-DE-MODIFICA%C3%87%C3%95ES-NO-ENSINO-DE-F%C3%8DSICA.pdf>.
- Fuller, B. (2012). *Hans Camenzind, 555 timer inventor, dies*. Acesso em 10 out., 2017, https://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1262353.
- Gaspar, A. (2014). *Atividades experimentais no ensino de física: uma nova visão baseada na teoria de Vigotski*. São Paulo: Livraria da Física.
- Giane, K. (2010). *A experimentação no ensino de ciências: possibilidades e limites na busca de uma aprendizagem significativa*. (Dissertação de Mestrado, UnB).
- Grasselli, E. C., & Gardelli, D. (2014). *O ensino de Física pela experimentação no ensino médio: Da teoria à prática*. In: Secretaria da Educação do Estado do Paraná. (Org.). Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE: Artigos. Curitiba: Secretaria da Educação do Estado do Paraná.
- Guedes, M. V. (2002). *Laboratório de Máquinas Eléctricas: Estroboscopia*. Núcleo de Estudos de Máquinas Eléctricas da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- He, D., & Cui, E. (2015). *EasyEDA*. Acesso em 11 jan., 2018, <https://easyeda.com>.
- Kolers, P. (1972). *Aspects of Motion Perception. International Series of Monographs in Experimental Psychology*. New York: Pergamon Press.
- Malvino, A. P. (2000). *Princípios de Electrónica*. Lisboa: McGraw-Hill.
- Mehl, E. L. M. (n.d.). *Do Transistor ao Microprocessador*. Acesso em 7 out., 2017, http://stoa.usp.br/kblane/files/827/4714/historia_transistor.pdf.