

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

Jonatha Tavares Gonçalves

**ESTROBOCORDA:
UM APARATO EXPERIMENTAL PARA O ENSINO DE ONDAS
E ASSUNTOS RELACIONADOS**

Juiz de Fora

2023

Jonatha Tavares Gonçalves

**ESTROBOCORDA:
UM APARATO EXPERIMENTAL PARA O ENSINO DE ONDAS
E ASSUNTOS RELACIONADOS**

Dissertação apresentada ao Polo 24 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Juiz de Fora / Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Escola Básica.

Orientador: Prof Dr. Bruno Ferreira Rizzuti
Coorientador: Prof Dr. Bruno Gonçalves

Juiz de Fora
2023

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

TAVARES GONÇALVES, JONATHA.

Estrobocorda : um aparato experimental para o ensino de ondas e assuntos relacionados / JONATHA TAVARES GONÇALVES. -- 2023.
82 f. : il.

Orientador: Bruno Ferreira Rizzuti

Coorientador: Bruno Gonçalves

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2023.

1. Estrobocorda.. 2. Ensino Investigativo. . 3. Ensino de Física. Casamento de Frequência. 5. POE. I. Ferreira Rizzuti, Bruno, orient. II. Gonçalves, Bruno, coorient. III. Título.

Jonatha Tavares Gonçalves

Estrobocorda: um aparato experimental para o ensino de ondas e assuntos relacionados

Dissertação apresentada ao Polo 24 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Juiz de Fora / Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Escola Básica.

Aprovada em 04 de outubro de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Bruno Ferreira Rizzuti - Orientador

Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Bruno Gonçalves

Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Wilson de Souza Melo

Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Thiago da Silva Peron

Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais

Juiz de Fora, 23/11/2023.



Documento assinado eletronicamente por **Bruno Ferreira Rizzuti, Professor(a)**, em 23/11/2023, às 17:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Wilson de Souza Melo, Professor(a)**, em 28/11/2023, às 17:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Bruno Gonçalves, Usuário Externo**, em 28/11/2023, às 19:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Thiago da Silva Peron Peron, Usuário Externo**, em 29/11/2023, às 23:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **1593857** e o código CRC **9A937D38**.

Dedico este trabalho à minha esposa, Nathalia, que com muita dedicação e esforço me apoiou oferecendo suporte para a realização deste trabalho, e aos meus amados filhos, Guilherme, Bernardo e Lucas Gabriel, que são meu combustível interminável na luta por todos meus anseios. Desta forma, espero que possam entender que em qualquer jornada que estejamos, não devemos nos envergonhar de sermos imperfeitos, mas sim, de não buscarmos a perfeição.

AGRADECIMENTOS

Não posso deixar de agradecer, primeiramente, a Deus por ter me abençoado enormemente nesta vida, tendo em vista minha recuperação do grave acidente que sofri, no ano de 2021, durante o transcorrer deste curso. Momento este que, sem dúvida, foi a experiência mais dolorosa e difícil de toda minha vida. Por isso, aproveito a oportunidade para reconhecer e manifestar o imensurável significado da conclusão deste trabalho para mim.

Agradeço enormemente e especialmente à minha esposa, Nathalia, que por diversos momentos, dias e noites, com muita dedicação, amor e carinho, cuidou dos nossos filhos sozinha, manifestando companheirismo e compreensão, permitindo que eu pudesse desfrutar de condições mínimas e necessárias para a realização deste Mestrado.

Agradeço aos meus pais, Elza e Juarez (*in memoriam*), que, dentro de suas possibilidades, através de muito trabalho, orações e dedicação, buscaram me orientar e transmitir valores, como honestidade e perseverança, que sempre me fortaleceram, estimulando sempre a buscar meus objetivos, com a certeza de que com vontade, amizade e trabalho podemos sim alcançar objetivos inimagináveis.

Agradeço também aos amigos, Dayslon Gaudereto, Sérgio França, Mario Marcio, Anderson Acácio, pela enorme contribuição do protótipo, dicas e críticas construtivas ainda na graduação.

Em especial, agradeço eternamente ao meu orientador, Prof. Dr Bruno Ferreira Rizzuti, por dispor de todo necessário à orientação, críticas construtivas, companheirismo e muito comprometimento, me estimulando sempre a prosseguir firme e perseverante, evidenciando o verdadeiro papel do ser professor.

Ao Prof. Dr Bruno Gonçalves, meus eternos agradecimentos, pelo companheirismo, dedicação, comprometimento, críticas construtivas e orientações por diversos momentos deste trabalho, me estimulando a seguir com determinação e muito profissionalismo, acreditando, nitidamente, nas minhas capacidades e habilidades, mesmo que as condições não fossem das melhores.

Meus agradecimentos a todos os professores do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - Polo 24, por todos os ensinamentos e paciência dispostos à minha formação, sanando e esclarecendo dúvidas e curiosidades durante toda minha trajetória neste curso.

Agradeço aos membros da banca examinadora pelas ponderações e por aceitarem, gentilmente, participar e cooperar com este trabalho.

Sou muito grato, também, a todos os familiares e amigos que, diretamente ou indiretamente, me ajudaram de alguma forma para a realização deste trabalho, transmitindo-me os mais profundos e sinceros sentimentos de consideração, companheirismo e respeito.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

“A implementação em sala de aula de um trabalho orientado pelo ensino investigativo, torna os estudantes capazes de desenvolver atividades de investigação e desempenharem um papel ativo, permitindo que não somente aprendam os conceitos científicos, como também se apropriem de processos e atitudes próprias do “fazer científico”, na medida em que desenvolvem habilidades cognitivas voltadas para essa finalidade. Para isso, o gerenciamento da classe e o planejamento das interações didáticas entre os sujeitos da sala de aula são aspectos fundamentais durante a implementação da abordagem investigativa.”

(CARVALHO, 2013; SASSERON, 2015)

RESUMO

Neste trabalho apresentamos um aparato experimental, chamado Estrobocorda, com recursos eletrônicos e mecânicos, que contempla conteúdos básicos relacionados a ondas, especificamente frequência e características de ondas estacionárias. Sua confecção foi motivada pela notória necessidade de facilitar o ensino de oscilações e conteúdos correlatos utilizando um aparato visualmente atrativo. Juntamente com este produto, desenvolvemos uma sequência didática baseada no ensino por investigação, para que os conceitos abordados sejam atingidos de maneira interessante e atrativa, prezando pela participação e valorização do aluno, buscando sempre a liberdade intelectual dos estudantes. Com os dados obtidos nas aplicações deste produto, uma análise aponta resultados otimistas e detalhes surpreendentes, que mostram a eficiência do ensino por investigação na sala de aula, provocando o desenvolvimento de raciocínio coerente a respeito do fenômeno abordado, de forma segura, objetiva e descontraída, além de engajar as turmas no processo, sem que o professor precise expor conceitos como tradicionalmente é realizado.

Palavras-chave: Ensino Investigativo. Estrobocorda. Aparato Experimental. POE. Ensino de Física.

ABSTRACT

In this work, we present an experimental apparatus, named "Strobocorda", equipped with electronic and mechanical features, encompassing fundamental topics related to waves, specifically frequency and characteristics of standing waves. Its construction was motivated by the noticeable need to facilitate the teaching of oscillations and related content using a visually appealing device. Alongside this product, we developed a didactic sequence based on inquiry-based teaching, aimed at achieving the addressed concepts in an engaging and appealing manner, prioritizing student participation and appreciation, always seeking students' intellectual freedom. Based on the data obtained from the applications of this product, an analysis indicates optimistic outcomes and surprising details, demonstrating the effectiveness of inquiry-based teaching in the classroom. This approach stimulates the development of coherent reasoning about the addressed phenomenon in a secure, objective, and relaxed manner, while also engaging the classes in the process, without the need for the teacher to present concepts as traditionally done.

Keywords: Investigative Teaching. Strobocorda. Experimental Apparatus. POE. Physics Education.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Protótipo do Estrobocorda, antes do MNPEF	12
Figura 2 – Estrobocorda, após o MNPEF	13
Figura 3 – Gráfico de comprimento de onda	16
Figura 4 – Amplitude, crista e ventre	17
Figura 5 – Gráfico de interferência de onda	23
Figura 6 – Crista, ventre e nó	23
Figura 7 – Estrobocorda energizado	34
Figura 8 – Imagens relacionadas a ondas	35
Figura 9 – Primeira questão da Atividade 1	37
Figura 10 – Segunda questão da Atividade 1	38
Figura 11 – Questão da Atividade 2	39
Figura 12 – Busca pelo casamento de frequências	40
Figura 13 – Distribuição de formulário aos grupos	43
Figura 14 – Primeira questão da Atividade 1 preenchida por aluno (1ª Aplicação)	44
Figura 15 – Segunda questão da Atividade 1 preenchida por aluno (1ª Aplicação)	46
Figura 16 – Casamento de frequências	47
Figura 17 – Primeira questão da Atividade 1 preenchida por aluno (2ª Aplicação)	49
Figura 18 – Questão da Atividade 2 preenchida por aluno (3ª Aplicação)	53

SUMÁRIO

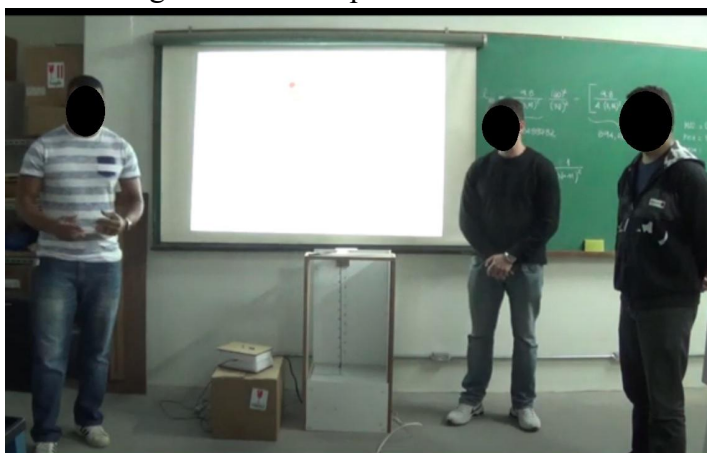
1 INTRODUÇÃO	12
2 CONCEITOS FUNDAMENTAIS DE ONDAS	15
3 REFERENCIAL METODOLÓGICO	25
4 SEQUÊNCIA DIDÁTICA	33
5 ANÁLISE E REFLEXÃO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO	41
5.1. PRIMEIRA APLICAÇÃO	41
5.1. 1 Primeira Questão da Atividade 1	43
5.1. 2 Segunda Questão da Atividade 1	45
5.1. 3 Questão da Atividade 2	46
5.2 SEGUNDA APLICAÇÃO	48
5.2. 1 Primeira Questão da Atividade 1	49
5.2. 2 Segunda Questão da Atividade 1	50
5.2. 3 Questão da Atividade 2	50
5.3 TERCEIRA APLICAÇÃO	51
5.3. 1 Primeira Questão da Atividade 1	52
5.3. 2 Segunda Questão da Atividade 1	52
5.3. 3 Questão da Atividade 2	53
6 CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS	58
APÊNDICE A - Manual do Estrobocorda	59

1 INTRODUÇÃO

Dentre muitos assuntos acadêmicos abordados em salas de aula, ondas é um dos que para sua compreensão exige do aluno e do professor muita dedicação e capacidade de abstração para entender e explicar suas características e peculiaridades, aspectos estes que quando não alcançados oferecem um risco considerável ao processo de ensino, podendo despertar frustrações, desinteresse e, conseqüentemente, bloqueios na aprendizagem. E é a necessidade de atuar sobre estas dificuldades que torna o ensino dessa área tão desafiador. Segundo Moreira (2021, p.2), “é comum começar o ensino da Física com situações que não fazem sentido para os alunos e, muitas vezes, em níveis de abstração e complexidade acima de suas capacidades cognitivas. É nesse começo que o ensino da Física “perde” os alunos que, por sua vez, começam a não gostar da Física.”

A motivação para a realização deste trabalho teve origem ainda durante atividade realizada no Curso de Graduação, na disciplina de Instrumentação de Ensino II, no IFET Sudeste de Minas - Campus Juiz de Fora, juntamente com pessoas envolvidas no Programa de Educação Tutorial da Física (PET-física), onde tive a felicidade de desenvolver um projeto de construção de um produto educacional referente a ondas, o qual despertou o interesse em aprimorá-lo neste curso de pós-graduação; veja a Fig. 1. Somado a isso, as dificuldades pessoais e de colegas próximos, acerca de assuntos ou conceitos de física que exigem uma capacidade de abstração considerável, sempre me incomodou, me inspirando, nesta nova jornada, a buscar maneiras de proporcionar de forma objetiva, interessante e descontraída um ensino com qualidade. Segundo Moreira (2021, p.4), “despertar o interesse dos alunos é sempre um desafio no ensino da Física e de muitas outras disciplinas, se não todas, do currículo escolar.”

Figura 1 – Protótipo do Estrobocorda



Fonte: Prof. Dr Bruno Gonçalves (2014).

Deste modo, a busca pelo interesse do aluno, também, se apresenta como combustível para o prosseguimento e continuidade deste trabalho. Para isso, o desenvolvimento do aparato experimental, denominado Estrobocorda, foi primordial para que este trabalho atingisse a significativa expectativa, a qual se resume em facilitar o ensino de Física, no que se refere aos assuntos básicos relacionados a ondas, com ênfase em frequência. O Estrobocorda possui um motor com hélice instalado numa estrutura de madeira, de modo que uma das extremidades de uma corda está conectada a este motor e a outra fixada na parte superior do aparato, que por ser móvel possibilita alterar a distância entre as extremidades desta corda. Desta forma, como a velocidade de rotação deste motor pode ser alterada através de um dimmer, localizado na lateral do Estrobocorda, a referida corda sofre perturbações que a fazem tomar formas diferentes de onda. Outro recurso oferecido, são efeitos produzidos por um circuito eletrônico formado por duas fitas de LED, três potenciômetros e a instalação de um arduíno. Neste caso, o primeiro potenciômetro permite ao usuário alterar o tempo que as fitas de LED permanecem apagadas (0-5 segundos), através do segundo é possível alterar a intensidade de luminosidade das referidas fitas e o terceiro potenciômetro permite alterar o tempo que as mesmas permanecem acesas (0-5 segundos), promovendo assim diferentes efeitos sobre a corda. A Fig. 2 mostra o Estrobocorda e todos os seus detalhes de funcionamento, construção e operação podem ser vistos no Apêndice A, sendo este o manual do produto.

Figura 2 – Estrobocorda



Fonte: Próprio Autor (2023)

Em paralelo, com a finalidade de explorar os recursos oferecidos pelo Estrobocorda da melhor maneira possível para o ensino, foi desenvolvida uma metodologia de ensino pautada numa sequência de ensino por investigação (SEI), a qual preconiza a busca pelo conhecimento, através de um ambiente que possua condições de permitir com que os alunos interajam sem receio de errar.

Geralmente o processo de ensino por investigação é baseado no levantamento de hipóteses e no teste dessas hipóteses. Então, é fundamental quando pensamos na investigação científica, pressupormos que os estudantes irão desenvolver habilidades que permitam identificar a complexidade do mundo no qual todos nós estamos inseridos. O mundo complexo com o qual vivemos requer intervenções, requer habilidades que permitam às pessoas identificar vários fenômenos em diversas situações. A partir de situações investigativas é possível expressar opiniões baseadas em evidências. (COSTA e AMARAL, 2022, p.42)

Dentro deste modelo de ensino, pudemos fazer uso do método de ensino por investigação conhecido como POE (Predizer - Observar - Explicar), caracterizado pela sistematização do ensino investigativo de forma que os alunos devem realizar as etapas de predizer o fenômeno abordado, de observar o fenômeno apresentado, confrontando as informações, e por último explicar suas conclusões.

A metodologia POE (Predict - Observe - Explain), atualmente, tem sido amplamente empregada como uma metodologia de aprendizagem ativa em ciências. Além disso, existem pesquisas que corroboram a eficiência dessa metodologia também com simulações computacionais [...] o seu emprego como método de aprendizagem ativa torna-se mais eficiente se os alunos trabalharem em grupos pequenos, o que favorece a interação e troca de ideias entre os pares. (SASAKI e JESUS, 2017, p.2)

Por último, nesta dissertação, no próximo capítulo, discutiremos a respeito do Referencial Metodológico utilizado nesta proposta de ensino. No Capítulo 3, apresentaremos a metodologia de aplicação do produto deste trabalho. O Capítulo 4 é dedicado a realizarmos a análise e reflexão dos dados obtidos por ocasião da aplicação do produto. No Capítulo 5 serão apresentadas as conclusões e, por fim, o Apêndice exhibe todos os detalhes para confecção e manuseio do Estrobocorda.

2. CONCEITOS FUNDAMENTAIS DE ONDAS

O fenômeno ondulatório pode ser observado em inúmeras situações no nosso cotidiano e para entendermos um pouco sobre este conteúdo, procuraremos, inicialmente, conhecer os fatores básicos a ele envolvidos. Antes disso precisamos também organizar este universo tão amplo e definir o que de fato seria uma onda.

De uma maneira geral, levando em consideração publicações de livros como, por exemplo, Halliday e Sears (Young & Freedman), onda é uma perturbação oscilante de alguma grandeza física no espaço e periódica no tempo com velocidade bem definida, que possui três tipos principais:

Ondas mecânicas são governadas pelas leis de Newton e existem apenas em meios materiais, como a água, o ar e as rochas. São exemplos: as ondas do mar, as ondas sonoras e as ondas sísmicas.

Ondas eletromagnéticas não precisam de um meio material para se propagar. A luz das estrelas, por exemplo, atravessa o vácuo do espaço para chegar até nós. Todas as ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo com a mesma velocidade $c = 299.792.458$ m/s. São exemplos: a luz visível e ultravioleta, as ondas de rádio e de televisão, microondas, os raios X e as ondas de radar.

Ondas gravitacionais são ondulações no próprio tecido do espaço-tempo que se propagam pelo espaço, viajando para o exterior a partir da fonte.

Outra classificação da onda que podemos ressaltar é quanto a sua forma por ocasião da relação entre a direção de perturbação do sistema e a direção de propagação desta onda. De modo que denominamos ondas transversais aquelas em que a direção de perturbação é perpendicular à direção de propagação da onda e ondas longitudinais onde a perturbação ocorre na mesma direção de propagação.

Não podemos deixar de manifestar que as ondas não podem transportar matéria, mas sim energia, e podem ser unidimensionais, quando se propagam numa só direção, bidimensionais, quando se propagam num plano ou em uma superfície que possua equipotencial gravitacional, ou tridimensionais, quando se propagam em todas as direções. Como, por exemplo, ondas em cordas, ondas na superfície de um lago e ondas sonoras na atmosfera, respectivamente.

Uma partícula que está oscilando nas vizinhanças da origem de um eixo x , deslocando-se alternadamente para a cima e para baixo de uma mesma distância y_m . A

frequência (f) da oscilação é o número de vezes por unidade de tempo que a partícula descreve uma oscilação completa (um ciclo). A unidade de frequência do SI é o hertz (Hz).

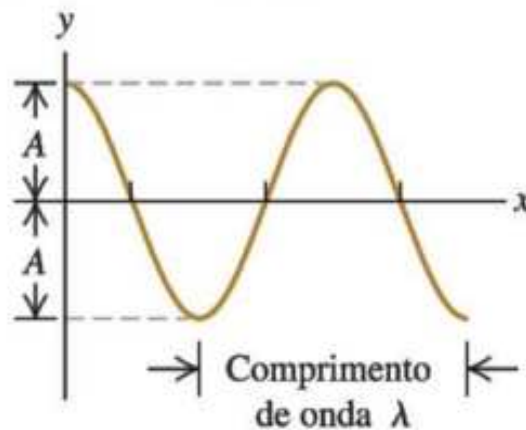
$$f = \frac{1}{T} \quad (1)$$

Definimos o período (T) de oscilação de uma onda como o tempo para a realização de uma oscilação completa, onde

$$T = \frac{1}{f} \quad \text{ou} \quad T = \frac{2\pi}{\omega} \quad (2)$$

Temos também o comprimento de onda (λ) que é a distância (medida paralelamente à direção de propagação da onda) entre repetições da forma de onda. Vide figura 3.

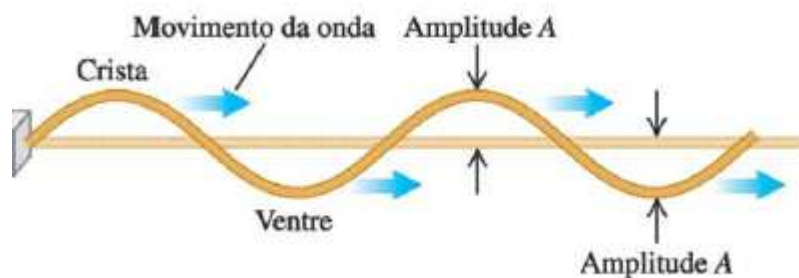
Figura 3 – Gráfico de comprimento de onda



Fonte: Física II – Termodinâmica e ondas - Sears&Zemansky (2008)

Amplitude (y_m) de uma onda é o valor absoluto do deslocamento máximo sofrido por um elemento a partir da posição de equilíbrio quando a onda passa por esse elemento. Como y_m é um valor absoluto, é sempre positivo, mesmo que, em vez de ser medido para cima, seja medido para baixo. É relevante dizer que estes limites são denominados **cristas** e **ventres (ou vales)** da onda, conforme ilustrado na figura 4.

Figura 4 – Amplitude, crista e ventre



Fonte: Física II – Termodinâmica e ondas - Sears&Zemansky (2008)

O parâmetro k é chamado de número de onda; a unidade de número de onda do SI é o radiano por metro ou m^{-1} , onde:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (3)$$

A velocidade da onda é a velocidade com a qual temos de nos deslocar ao longo da onda para que a fase de um determinado ponto permaneça constante, como uma crista particular de uma onda que se propaga ao longo de uma corda.

$$\omega = 2\pi f \quad \text{ou} \quad \omega = \frac{2\pi}{f} \quad (4)$$

O parâmetro ω é também chamado de frequência angular da onda; a unidade de frequência angular do SI é o radiano por segundo (rad/s).

Interpretando matematicamente o fenômeno em questão, partiremos do princípio que ao oscilar a extremidade de uma corda para cima e para baixo, promovemos uma vibração vertical nesta corda, ou seja, no eixo y , o que conseqüentemente provoca a propagação de uma onda no eixo x , por um determinado intervalo de tempo.

Considerando que uma onda que se propaga para a direita é descrita pela equação:

$$y(x,t) = f(x') \quad (5)$$

onde
$$x' = x - vt \quad (6)$$

Calculando a aceleração num dado ponto x , poderemos relacionar a equação do movimento com a propagação de uma onda. Com este intuito, podemos calcular a velocidade e aceleração de onda aplicando as derivadas parciais, fixando em x e derivando em relação ao tempo (t).

$$velocidade = \frac{\partial}{\partial t} y(x, t) \quad (7)$$

$$aceleração = \frac{\partial^2}{\partial t^2} y(x, t) \quad (8)$$

De acordo com a equação 5, a função y depende de t somente através da variável x' . Sendo assim, aplicando a regra da cadeia, temos que:

$$\frac{\partial y}{\partial t} = \frac{df}{dx'} \frac{\partial x'}{\partial t} \quad (9)$$

Derivando a equação 6 em relação ao tempo, temos:

$$\frac{\partial x'}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t} (x - vt) = -v \quad (10)$$

Então,
$$\frac{\partial y}{\partial t} = -v \frac{df}{dx'} \quad (11)$$

Derivando a equação 5 novamente, em relação ao tempo, e aplicando a equação 10, obtemos:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = -v \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{df}{dx'} \right) = -v \frac{d}{dx'} \left(\frac{df}{dx'} \right) \underbrace{\frac{\partial x'}{\partial t}}_{=-v}$$

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = v^2 \frac{d^2 f}{dx'^2} \quad (12)$$

De maneira análoga, só que agora derivando a mesma equação 5 em relação a x, obtemos:

$$\frac{\partial y}{\partial x} = \frac{df}{dx'} \frac{\partial x'}{\partial x} \quad (13)$$

Derivando a equação 6 em relação a x, temos:

$$\frac{\partial x'}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} (x - vt) = 1 \quad (14)$$

Logo,

$$\frac{\partial y}{\partial x} = \frac{df}{dx'} \quad (15)$$

Derivando a equação 5 novamente, em relação a x, e aplicando a equação 14, obtemos:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{d^2 f}{dx'^2} \underbrace{\frac{\partial x'}{\partial x}}_1$$

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{d^2 f}{dx'^2} \quad (16)$$

Comparando as equações 12 e 16, podemos concluir que:

$$\frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0$$

Então,

$$\frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial t^2} \quad (17)$$

Assim, interpretando melhor este resultado, podemos dizer que a função que satisfaz a seguinte relação, descrita pela Equação 17, é uma onda, onde “x” refere-se à posição no plano e “t” ao tempo. Do lado esquerdo desta equação, temos a derivada segunda da função de onda y em relação a x e já no lado direito, temos a derivada segunda em relação ao tempo. Também à direita, podemos perceber uma constante de proporcionalidade a qual está ligada à velocidade v da onda. Deste modo, y(x, t) é a função de onda que descreve esta onda.

Com objetivo de resolver a relação evidenciada na Equação 17, partiremos do princípio de que o perfil de uma onda que se propaga para a direita, com amplitude A fixa e frequência bem definida, é dado, no referencial que se desloca junto com a onda, por:

$$y'(x',t) = A \cos(kx') \quad (18)$$

De certa forma, sabemos que se nos deslocarmos juntamente com a onda, não conseguiremos perceber sua oscilação. Porém, por intermédio da transformação de Galileu ($x' = x - vt$), podemos retornar ao referencial inicial e perceber a onda se deslocando com velocidade v. Deste modo, retornando com esse x' no perfil da onda, teremos a possibilidade de visualizarmos o perfil da onda no referencial inicial, o que nos permitirá perceber o seu deslocamento.

$$y(x,t) = y'(x'(x,t)) = A \cos[k(x - vt)]$$

$$y(x,t) = A \cos(kx - kv t)$$

Denominando $kv = \omega$, temos que:

$$y(x,t) = A \cos(kx - \omega t) \quad (19)$$

Deste modo, primeiramente resolveremos individualmente as referidas derivadas parciais, para depois substituímos, nesta Equação 17, para obtermos o resultado almejado. Logo, temos:

$$\frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial x^2} = -k^2 A \cos(kx - \omega t) = -k^2 y(x,t) \quad (20)$$

$$\frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial t^2} = -\omega^2 A \cos(kx - \omega t) = -\omega^2 y(x,t) \quad (21)$$

Agora, substituindo os respectivos resultados das Equações 20 e 21, na Equação 17, obtemos:

$$\begin{aligned} -k^2 y(x,t) &= -\frac{\omega^2 y(x,t)}{v^2} \\ -v^2 y(x,t) &= -\frac{\omega^2 y(x,t)}{k^2} \end{aligned} \quad (22)$$

Simplificando, obtemos:

$$v^2 = \frac{\omega^2}{k^2} \quad (23)$$

Substituindo as equações 3 e 4 na equação 23, temos que:

$$v^2 = \frac{(2\pi f)^2 (\lambda)^2}{(2\pi)^2} = (f)^2 (\lambda)^2$$

Sendo assim, chegamos ao resultado descrito na Equação 24, através do qual nos é permitido dizer que todo fenômeno pode ser interpretado como onda, desde que possa ser descrito por uma função que atenda esta relação.

$$v = \lambda f \quad (24)$$

Neste trabalho, não podemos deixar de citar o conceito denominado princípio da superposição, o qual nos permite entender a respeito do que ocorre quando ondas, ao se encontrarem, sofrem o que chamamos de interferência. Assim, se tivermos o encontro de duas ondas, uma com função de onda y_1 e outra y_2 , a onda resultante é descrita por uma nova função de onda, dada por $Y = y_1 + y_2$. Deste modo, a estrutura da equação de onda é de um tipo chamada de linear e admite que a soma de duas soluções seja ainda uma solução. Vejamos:

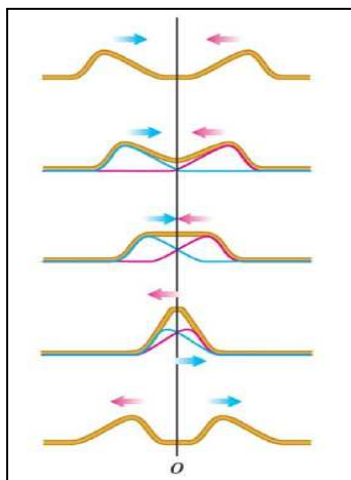
$$\frac{\partial^2 y_1(x,t)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 y_2(x,t)}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 y_1(x,t)}{\partial t^2} + \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 y_2(x,t)}{\partial t^2}$$

$$\frac{\partial^2 (y_1 + y_2)}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 (y_1 + y_2)}{\partial t^2}$$

$$\frac{\partial^2 Y}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 Y}{\partial t^2} \quad (25)$$

Ou seja, como as equações y_1 e y_2 satisfaziam previamente a equação de onda, concluímos, ao somá-las, que Y também satisfaz a equação de onda. Esse resultado justifica o princípio da superposição. Vide figura 5.

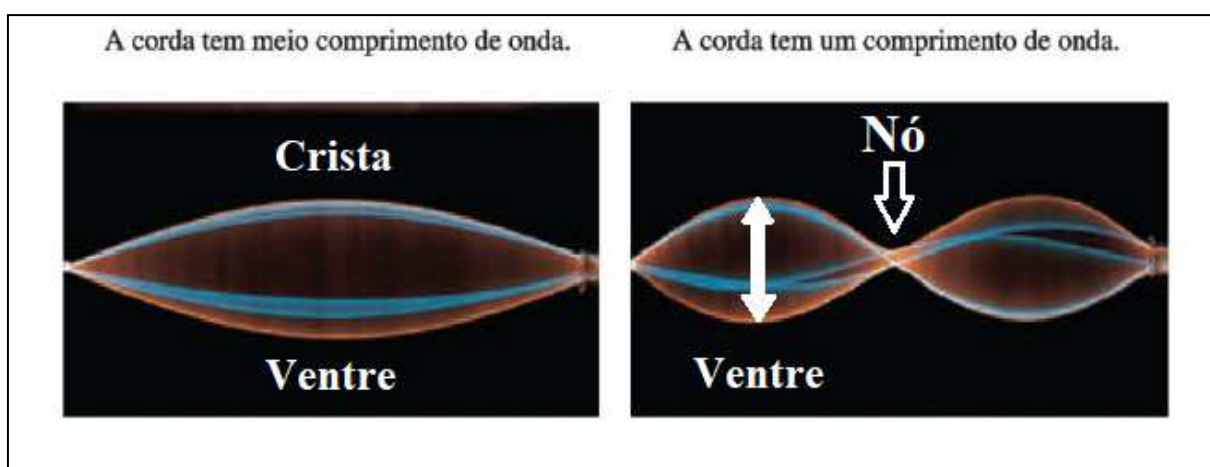
Figura 5 – Gráfico de interferência de onda



Fonte: Física II – Termodinâmica e ondas - Sears&Zemansky (2008)

Quando esta interferência ocorre entre extremidades fixas de uma corda, onde aparentemente ambas ondas parecem não se propagar, estas são chamadas de ondas estacionárias, conforme ilustrado na figura 6. É possível também observar nesta mesma figura, as regiões de maior amplitude onde ocorre interferência construtiva, quando cristas coincidem com cristas e vales com vales formando ventres, e a região de menor amplitude onde ocorre interferência destrutiva, quando cristas coincidem com vales, formando o que denominamos de nó.

Figura 6 – Crista, ventre e nó



Fonte: Física II – Termodinâmica e ondas - Sears&Zemansky (2008)

Podemos observar ainda na figura 4 que a distância entre extremidades fixas de uma corda (L), compreende meio comprimento de onda ($\lambda / 2$) quando formado apenas um ventre, e um comprimento de onda (λ) quando formado dois ventres. Deste modo, é possível verificar a coerência na relação descrita na equação 26, onde n é o número de ventres formado pelas ondas.

$$L = n \frac{\lambda}{2} \quad n(1, 2, 3, \dots) \quad (26)$$

3 REFERENCIAL METODOLÓGICO

Uma das preocupações dos professores é como despertar o interesse dos seus estudantes pela investigação científica, desenvolvendo concomitantemente habilidades como elaborar hipóteses, buscar soluções, analisar resultados ou qualquer outra aptidão relacionada. Neste sentido, uma das metodologias adequadas a este propósito é o ensino por investigação que, segundo Carvalho (2018, p. 766), “é definido por aquele ensino em que o professor cria condições em sala de aula para os alunos pensarem, levando em consideração a estrutura do conhecimento, falarem, evidenciando seus argumentos e conhecimentos construídos, lerem, entendendo criticamente o conteúdo lido, e escreverem, mostrando autoria e clareza nas ideias expostas.”

Levando em consideração o ensino tradicional, é esperado que não haja por parte do professor uma preocupação constante para com a efetiva atuação dos alunos durante a aula, pois a autonomia dada ao alunos na tentativa de propor um ensino por investigação, ao mesmo tempo que não se deve permitir sua passividade, também, se deve oferecer tempo e ambiente para que possa desenvolver seu raciocínio em resposta à etapa aplicada, situação esta que se apresenta como um grande desafio na realidade de muitos professores. Segundo Borges (2002, p.294), no contexto do Ensino por Investigação, “A ideia central é: qualquer que seja o método de ensino-aprendizagem escolhido, deve mobilizar a atividade do aprendiz, em lugar de sua passividade.”

Dentro desta perspectiva, tratamos como ensino tradicional aquele onde o professor assume de forma centralizadora o papel de detentor do conhecimento, o qual procura transmitir ao aluno o conteúdo almejado através de aulas expositivas que colocam automaticamente o aluno como espectador.

A narração, de que o educador é o sujeito, conduz os educandos à memorização mecânica do conteúdo narrado. Mais ainda, a narração os transforma em “vasilhas”, em recipientes a serem “enchidos” pelo educador. Quanto mais vá “enchendo” os recipientes com seus “depósitos”, tanto melhor educador será. Quanto mais se deixem docilmente “encher”, tanto melhores educandos serão. Desta maneira, a educação se torna um ato de depositar, em que os educandos são os depositários e o educador o depositante. Em lugar de comunicar-se, o educador faz “comunicados” e depósitos que os educandos, meras incidências, recebem pacientemente, memorizam e repetem. Eis aí a concepção “bancária” da educação, em que a única margem de ação que se oferece aos educandos é a de receberem os depósitos, guardá-los e arquivá-los. (FREIRE, 1987, p. 33)

Sendo assim, há uma enorme necessidade de propostas de ensino que busquem promover interação, participação dos alunos, manifesto de opiniões, observações e levantamento de ideias, permitindo que o aluno se sinta à vontade de expressar-se, conhecendo os caminhos e momentos para tal liberdade.

No ensino de física, especificamente, [...] a publicação de estudos estatisticamente significativos demonstravam dois problemas do “ensino tradicional”: (i) alunos que obtêm bom desempenho na solução de problemas de livro-texto continuam a exibir sérias deficiências em aspectos conceituais dos mesmos conteúdos; (ii) a eficácia de aulas expositivas em suprir essas deficiências é universalmente baixa, independentemente dos talentos do professor ou dos atrativos que sejam oferecidos aos alunos, como demonstrações em sala de aula, observação que se repete em uma vasta gama de escolas, com estudantes de qualificação pregressa bastante variada. (HENRIQUES, PRADO e VIEIRA, 2014, p.1)

O ensino por investigação dentre muitas qualidades destaca-se pela importância dada ao processo de ensino-aprendizagem protagonizado pelo aluno e não pelo professor, o que exige um esforço, concentração e comprometimento do aluno, e muita dedicação, planejamento e experiência por parte do professor. Tal protagonismo é evidenciado na constante busca por liberdade e autonomia intelectual do aluno que esta modalidade de ensino preconiza, de modo que o aluno possua a oportunidade de expressar suas concepções de mundo e como indivíduo, as quais durante os anos e experiências vividas adquiriu acerca de diversas áreas. Segundo Carvalho (2018, p.767), “criar condições em sala de aula para os alunos poderem participar sem medo de errar, isto é dar liberdade intelectual para os alunos.”

Através deste modelo de ensino, é possível verificar o quanto a valorização do conhecimento prévio do estudante não só importa como, também, pode ser uma ferramenta surpreendentemente útil e eficaz para um ensino de qualidade.

Os métodos de aprendizagem ativa tiveram sua eficácia comparada recentemente a das aulas expositivas, em uma metanálise [6] envolvendo mais de 200 estudos distintos, em disciplinas de ciências, tecnologia, engenharias e matemática. Os resultados sistematicamente apontam uma diminuição de um terço nos índices de repetência e uma melhoria considerável na compreensão conceitual dos estudantes. Além da melhora do desempenho acadêmico, diversos estudos anteriores indicavam também que esses métodos são eficientes em infundir nos alunos atitudes mais adequadas ao aprendizado, ensinando-os a estudar, aumentando a frequência às aulas e a permanência dos alunos nos cursos e diminuindo a evasão. (HENRIQUES, PRADO e VIEIRA, 2014, p.2)

Pois através desses conhecimentos, independentemente se errados ou certos, que se faz o mapeamento objetivo das reais necessidades do aluno, o que sinaliza mais precisamente como e o que estão pensando, e o porquê das conclusões obtidas, permitindo que, de maneira cirúrgica, o professor possa ajudá-los na construção do conhecimento. Para isso, é necessário que ocorra uma visão autônoma do aluno no sentido de valorização de suas capacidades, oferecendo-lhes o máximo de segurança e confiança possível para se posicionarem de maneira ativa, participativa e qualitativa, enriquecendo sobremaneira o processo de ensino.

Em comum, essas experiências em aprendizagens ativas em física preconizam o foco no engajamento dos alunos, deslocando o professor da função de mero transmissor de informações para a função socrática de levar o estudante a construir seu conhecimento através da participação ativa, ao responsabilizar-se pelo estudo prévio e pelo trabalho, em sala de aula, com perguntas voltadas a uma interpretação conceitual de diferentes situações, e pela construção de respostas a problemas propostos, em lugar da “imitação” de técnicas de resolução de problemas. (HENRIQUES, PRADO e VIEIRA, 2014, p.1)

O ambiente confortável e propício a discussões, debates, trocas ou apresentação de idéias é uma das maneiras concretas de favorecer a esta referida liberdade. Por isso, cada vez mais, é preciso que o professor adquira experiência para que, com tato, sabedoria, e atitude possa inibir fatores que prejudiquem a formação deste ambiente e, conseqüentemente, fortaleça e estimule a saúde deste universo. Segundo Carvalho (2018, p. 767), “criar condições em sala de aula para os alunos poderem participar sem medo de errar, isto é dar liberdade intelectual para os alunos.”

Como o nome deste modelo de ensino revela, investigação é uma possível chave para o êxito da aquisição do conhecimento, o que nos remete a explorar terrenos férteis através da curiosidade, questionamentos, respostas, conclusões, etc. Para impulsionar este universo, uma das metodologias de ensino por investigação criadas foi a denominada POE (Predizer - Observar - Explicar), que, segundo Sasaki e Jesus (2016, p.2), “embora originalmente tenha sido criada por WHITE e GUNSTONE (1992) para fins avaliativos, tem por finalidade promover um processo investigativo de ensino e aprendizagem por meio, possivelmente, de um aparato experimental, questões bem elaboradas e, essencialmente, três etapas bem definidas que são prever, observar e explicar.” Com isso, se restringe a exposição tradicional de conteúdo programático pelo professor, estimulando nos alunos a interatividade, senso crítico, coragem para expor suas ideias com autonomia e clareza e a quebra ou consolidação de conceitos prévios.

A metodologia POE demanda necessariamente a demonstração de um experimento qualitativo ou vídeo ou simulação pelo professor em sala de aula. Na primeira etapa, a da previsão, pede-se ao estudante que faça suas previsões acerca de um determinado evento e as justifique de acordo com seus conhecimentos prévios. Então, numa segunda etapa, a da observação, o estudante irá realizar e/ou observar o evento, sendo instigado a comparar as suas previsões anteriores à realização do mesmo com o resultado observado por ele. Por último, na terceira etapa, a da explicação, o estudante deverá tentar explicar as diferenças entre o previsto e o observado, caso existam. Assim, espera-se que ao se aplicar a metodologia POE, surjam discrepâncias entre as previsões do estudante e o resultado observado daquele evento. (SASAKI e JESUS, 2016, p.2).

Para que este método seja explorado ao máximo, é conveniente que se forme pequenos grupos, favorecendo e estimulando um ambiente de interatividade e liberdade para manifestação de hipóteses e explicações dos alunos. Pois a tendência de haver uma troca de ideias entre os integrantes de um mesmo grupo é maior do que se não houvesse a formação de grupos, tendo em vista fatores como, intimidade, medo de errar, timidez, etc. De acordo com Sasaki e Jesus (2016, p.2), “o ensino por investigação, atualmente, tem sido amplamente empregado como uma metodologia de aprendizagem ativa em ciências [...] que torna-se mais eficiente se os alunos trabalharem em grupos pequenos, o que favorece a interação e troca de ideias entre os pares.”

Importante ressaltar que, nesta metodologia investigativa, o professor deverá constantemente ter muita cautela em relação às suas manifestações, pois a prioridade, neste método, são as manifestações dos alunos, independentemente de estarem coerentes ou não, pois será esta liberdade de expressão que, também, promoverá o estímulo e o conforto para os alunos que teriam algo em mente e, apenas, não as manifestam por receio de estar errado, timidez ou até mesmo por não visualizar relevância no assunto.

Os aparatos experimentais possuem vital relevância para esta proposta de ensino, uma vez que é, também, através deles que ocorrem abordagem de conteúdos ou conceitos que muitas das vezes são apresentados através de livros ou quadros negros. Além disso, esses produtos educacionais possuem papel preponderante em proporcionar a oportunidade imediata de confrontar, de forma dinâmica e interessante, os conceitos abordados em aula com os fatos ou fenômenos que descrevem. Segundo Borges (2002, p.295), “o importante não é a manipulação de objetos e artefatos concretos, e sim o envolvimento comprometido com a busca de respostas/soluções bem articuladas para as questões colocadas, em atividades que podem ser puramente de pensamento.”

Por isso, é sempre bom lembrar que apenas a existência de um aparato experimental não garante o aprendizado por investigação, mas sim a busca pelo entendimento e pela explicação do fenômeno produzido e/ou observado. Sendo assim, para aplicação destes aparatos, é de suma importância, a confecção e utilização de uma sequência didática adequada com uma metodologia de ensino que promova um real comprometimento por parte dos alunos para com as atividades em sala de aula, enfatizando o ato de pensar e garantindo assim um resultado que seja o mais verídico e fidedigno possível desta proposta de ensino.

E é com este planejamento que surgem outros fatores importantes, como organização e questionamentos, que somados ao aparato promovem um fluxo de informações ricas que favorecem a construção do conhecimento dos alunos. Tanto a utilização do aparato, quanto o uso de perguntas, devem estar sincronizados e muito bem organizados em prol de um objetivo que é provocar curiosidade sobre o conteúdo que se pretende abordar, estimulando a busca constante pela correta, ou ideal, interpretação ou entendimento do desconhecido ou pouco conhecido.

Dentro desta ideia, de procurar manter uma organização, é relevante dizer que o professor deve buscar manter os alunos informados, quanto ao que terão que fazer e quais serão as atividades durante todo o transcurso da aula. Pois, deste modo, a probabilidade de algum aluno tomar um determinado procedimento equivocado e comprometer os resultados almejados regride consideravelmente.

De acordo com esta metodologia chamada POE, estes componentes são ferramentas que encaixadas estrategicamente promovem o que chamamos de ensino por investigação, pois a liberdade intelectual do aluno é provocada pela apresentação organizada de atividades que os estimula a, primeiramente, desenvolver suas hipóteses, característica da primeira etapa onde o aluno busca prever o fenômeno a ser abordado, depois a observar o referido fenômeno através do aparato experimental, etapa caracterizada pela observação, e por último a procurar apresentar suas conclusões obtidas, de maneira clara e objetiva, caracterizando a terceira e última etapa desta metodologia que é a da explicação.

Nesta primeira etapa, com o objetivo de garantir uma previsão livre de informações externas que podemos promover interpretações tendenciosas, existem algumas estratégias como, por exemplo, a confecção de formulários com questões que além de provocar um norteamento discreto do conteúdo almejado e desenvolvimento do raciocínio do aluno, cria também um ambiente mais aberto, limpo e concreto para que suas interpretações e hipóteses sejam preservadas e comparadas com os dados fáticos oriundos das observações do fenômeno abordado na etapa seguinte.

“Uma alternativa [...] consiste em estruturar as atividades de laboratório como investigações ou problemas práticos mais abertos, que os alunos devem resolver sem a direção imposta por um roteiro fortemente estruturado ou por instruções verbais do professor.” (BORGES, 2002, p. 303)

Embora estejam organizados em pequenos grupos, antes de iniciar a realização da primeira etapa deste método de ensino por investigação, cuja finalidade é prever o fenômeno físico descrito, é imprescindível que, todos os alunos, tenham total e clara ciência de que, nesta etapa, devem fazer suas previsões individualmente, sem que ocorra interação entre eles, sinalizando o alto risco de comprometimento do resultado final da atividade, caso esta orientação não seja seguida. De acordo com Borges (2002, p. 302), “não existe algo relevante em uma situação ou fenômeno, independentemente de quem o observa, ou formula hipóteses sobre ele.”

Ainda nesta ocasião, buscando certificar de que os alunos não estão se sentindo pressionados ou que de alguma forma estão prejudicando a aula, convém ao professor citar algumas frases como, “Não precisam ter pressa.”, “Não se preocupem com tempo.”, “Foque no que está sendo proposto.”, frases estas que podem promover um ambiente mais a vontade, propício ao raciocínio e à imersão na atividade.

O laboratório pode proporcionar excelentes oportunidades para que os estudantes testem suas próprias hipóteses sobre fenômenos particulares, para que planejem suas ações, e as executem, de forma a produzir resultados dignos de confiança. Para que isso seja efetivo, deve-se programar atividades de explicitação dessas hipóteses antes da realização das atividades. (BORGES, 2002, p.300)

Após a percepção de que todos os alunos registraram suas hipóteses, inicia a segunda etapa, observar, que tem como objetivo principal provocar uma relação entre a teoria e a prática, proporcionando uma confirmação ou questionamento de suas hipóteses, onde a interação entre os alunos é saudável e deve ser estimulada. Conforme Borges (2002, p. 298), “procuraremos criar oportunidades para que o ensino experimental e o ensino teórico se efetuem em concordância, permitindo ao estudante integrar conhecimento prático e conhecimento teórico.”

Apesar de demandar atenção e auxílio do professor, essa forma de organização da atividade prática captura a atenção dos estudantes e melhora seu envolvimento com a atividade. [...] O professor atua como um mediador entre o grupo e a tarefa, intervindo nos momentos em que há indecisão, falta de clareza ou consenso. (BORGES, 2002, p. 306-307)

Um dos desafios, desta metodologia, é a busca constante, por parte do professor, pelo equilíbrio entre a rigorosa restrição de explicações relacionados aos conceitos abordados, que visa estimular as manifestações dos alunos, e as intervenções necessárias para um norteamento e desenvolvimento das respostas e comentários dos alunos, valorizando assim a participação deles. Conforme Hanson (1958) e Chalmers (1993), “[...] o professor deve ter em mente que aquilo que qualquer pessoa observa depende fortemente de seu conhecimento prévio e de suas expectativas.”

Nesta segunda etapa, a enorme probabilidade do surgimento de discrepâncias quando confrontadas as hipóteses e o evento observado, provoca uma oportunidade ímpar para, além de estimular a criatividade e subjetividade dos alunos, realizar um processo de ensino dinâmico, interacionista e eficaz, onde as concepções prévias são colocadas a prova e dúvidas ou comentários são primordiais para um desenvolvimento do conhecimento acerca do assunto abordado. Sasaki e Jesus (2016, p. 2) afirmam que “o conflito cognitivo tem um grande potencial para despertar a curiosidade e o interesse dos aprendizes, fornecendo as condições para flexibilizar as concepções prévias.”

Após trocas de ideias e discussões realizadas pelos alunos, oriundas da observação do fenômeno produzido pelo Estrobocorda, inicia-se então a terceira e última etapa, deste método de ensino por investigação, que é o momento em que os grupos ou seus representantes apresentam verbalmente suas conclusões buscando formular a melhor resposta à questão aplicada. Para isso, se faz necessária uma organização mínima com a finalidade de garantir que todos os grupos tenham a oportunidade de manifestar suas conclusões ou opinião, ou seja, uma ordem e tempo estipulados pelo professor ou, em comum acordo, pelos integrantes da aula para realizarem as respectivas explicações. Além disso, espera-se que neste momento as discrepâncias de opiniões ocorridas sejam interpretadas e contextualizadas frente ao fenômeno abordado, buscando assim relacionar as considerações dos respectivos grupos e concluir o raciocínio com o maior domínio possível acerca do conteúdo programático almejado dentro da questão aplicada.

Nesta terceira etapa, a valorização dos alunos se dá por intermédio da importância dada às manifestações dos mesmos que podem ocorrer não somente por palavras, mas por

diversas outras maneiras, como, por exemplo, gestos, movimentos faciais, dentre outros. Exigindo assim, uma atenção muito especial por parte do professor para identificar estes sinais e procurar utilizá-los como ferramentas de estímulo, na formulação de afirmativas ou questionamentos, que promovam curiosidade, dúvida e discussão acerca do fenômeno abordado, proporcionando autonomia e propriedade ao raciocínio dos alunos.

4 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Primeiramente, faz-se necessário informar que esta proposta de metodologia foi desenvolvida para aplicação em turmas que estejam sob regime de ensino presencial, a qual oferece aos alunos a possibilidade de observarem bem de perto o fenômeno produzido por um aparato experimental, bem como se manifestar com maior dinamismo e instantaneidade. Reforçamos que todos os detalhes pertinentes à confecção e manuseio do Estrobocorda podem ser visualizados no Apêndice A desta dissertação, como mencionado anteriormente.

Embora o referido aparato experimental tenha sido criado para abordagem de conteúdos referente a conceitos básicos de ondas e que seja de vital relevância para esta proposta de ensino, cabe ressaltar que para o êxito deste trabalho é de suma importância sua aplicação esteja pautada em uma sequência didática adequada com uma metodologia de ensino que promova um real comprometimento por parte dos alunos para com as atividades em sala de aula, enfatizando o ato de pensar e garantindo assim um resultado que seja o mais verídico e fidedigno possível desta proposta de ensino.

É relevante deixar claro que o uso da sequência didática é uma sugestão de aplicabilidade deste produto educacional, o que manifesta a possibilidade de o docente aplicar este produto através da metodologia que melhor lhe agrada ou servir, buscando sempre atender e se adequar às peculiaridades de cada turma.

Sendo assim, foi criada esta sequência didática, um formulário de questões e o produto experimental denominado Estrobocorda, já citado anteriormente. Ambos foram criados e adaptados a abordar conceitos referentes a conceitos básicos de ondas com ênfase particularmente à frequência de uma onda e ondas estacionárias.

Para confecção desta sequência didática, foi selecionada a metodologia de ensino por investigação denominada POE, caracterizada por três etapas principais que são prever, observar e explicar. Dentro desta metodologia, como explicado anteriormente, realizaremos as três respectivas etapas em cada questão do formulário de questões que será distribuído aos alunos, de modo que a questão seguinte somente será iniciada quando as três etapas deste método investigativo já tiverem sido realizadas na anterior. De modo que este formulário está composto de duas atividades, sendo que a primeira possui duas questões e a segunda apenas uma questão.

Nesta proposta de ensino por investigação, inicialmente o professor deverá promover a preparação do ambiente de aula, já possuindo em mãos giz ou caneta para quadro branco, dependendo da estrutura disponível e cópias suficientes, de formulários de atividades

e imagens, para distribuição aos alunos. Além disso, deverá dispor de, aproximadamente, dois tempos de 50 min de aula e, também, verificar as condições da sala de aula, tendo em vista a necessidade de, em alguns momentos, baixar ao máximo a iluminação do ambiente, e se o Estrobocorda está funcionando perfeitamente. É importante observar se há tomada energizada na sala de aula e sua posição, pois talvez seja necessária uma extensão elétrica para ligar o aparato experimental. Vide Figura 7.

Figura 7 – Estrobocorda energizado



Fonte: Próprio Autor (2023)

Aula

Primeiramente, o professor deverá organizar e dividir a turma em grupos com no máximo cinco alunos, procurando deixá-los com visibilidade para o local onde se encontra posicionado o aparato experimental.

Para uma conscientização dos alunos para com as atividades desta aula e pela busca de um resultado eficaz e satisfatório, é importante que, antes de iniciar estas atividades investigativas, os alunos estejam cientes do que será realizado, bem como o que precisarão fazer e, tão importante quanto, o que precisarão evitar e/ou não deverão fazer em cada etapa das respectivas atividades. Sendo assim, o professor deverá informar sucintamente aos alunos que o objetivo principal dos próximos dois tempos de aula é identificar e buscar entender ao máximo um determinado fenômeno natural e, como ferramenta deste processo, estará sendo

distribuído um formulário com três questões e teremos a possibilidade de fazer uso de um aparato experimental que será apresentado no decorrer da aula.

Neste momento, o professor deverá distribuir as imagens impressas a cada grupo, conforme Figura 8, e circular entre os grupos, realizando questionamentos como “O que vem a sua mente quando olha para estas imagens?”, “O que elas têm em comum?”, “Que fenômeno da natureza acredita estar sendo evidenciado por estas imagens?”.

Figura 8 – Imagens relacionadas a ondas



Fonte: Preparaenem, Conhecimentocientífico, Todamatéria, Infosolda e Museuweg (2023)

Não há necessidade de, nesta ocasião, aguardar muito tempo, por se tratar somente de uma introdução ao tema. Em poucos minutos, o professor deverá evidenciar nas respostas dos grupos a identificação do tema da aula que é “ondas”.

Logo após, o professor deverá realizar um breve resumo que manifeste características e classificações básicas de uma onda, fazendo uso de alguns questionamentos como, por exemplo, “Como as ondas podem surgir?”, “O que as ondas podem ser capazes de provocar?”, “Que caminhos uma onda pode percorrer?”, “Por que podemos ouvir algo dito por alguém que se encontra de costas?”, abordando conceitos como definição de fonte e classificações quanto à natureza, propagação e direção de propagação de uma onda.

Uma vez abordados os conceitos e classificações básicas de ondas, o professor deverá, então, realizar a apresentação do aparato experimental manifestando apenas que o referido produto possui uma corda, que possui uma de suas extremidades fixada a um motor

que provoca um giro sob a mesma. Há também duas fitas de LED, posicionadas verticalmente uma de cada lado da corda, e potenciômetros que são capazes de alterar tanto a velocidade de rotação do motor, quanto o tempo apagado e o tempo aceso dos LEDs, ressaltando que as fitas de LED funcionam independentemente do motor da corda.

Antes de iniciar as atividades, o professor deve enfatizar que, para que o objetivo da atividade não seja comprometido, neste primeiro momento da atividade, não será permitida interação entre os alunos e de que não há limite de tempo para a escrita das respostas. Além disso, informará que o formulário que estará sendo distribuído neste momento e que cada questão, logo após sua leitura, deverá ser respondida individualmente de forma escrita no espaço destinado para tal, no referido formulário, e que em seguida será utilizado o aparato experimental para produzir a situação abordada na questão, para que possam observar e contestar suas opiniões dentro dos grupos, gerando conclusões. Por fim, deverá ser disponibilizado um momento para que cada grupo manifeste suas conclusões.

É de suma importância deixar claro que nesta primeira etapa, do "predizer", é possível, caso seja de interesse do professor, permitir o registro de hipótese por pequenos grupos, já que estudos indicam que o conhecimento também pode ser construído de forma coletiva. Segundo Rocha e Faria (2020, p. 33), “as evidências de aprendizagem vêm do aprimoramento das explicações individuais ou do grupo decorrente da colaboração e do compartilhamento de significados.”

Sendo assim, nesta ocasião, a primeira questão deverá ser aplicada, sendo lida em voz alta, por um aluno ou pelo professor, sanada qualquer dúvida relativa ao enunciado por parte dos alunos e solicitado aos alunos para que escrevam suas respostas no espaço destinado a tal no formulário de atividades distribuído. Neste momento, somente com as fitas de LED do Estrobocorda ligadas e piscando moderadamente, o professor deverá lembrar aos alunos que realizem esta primeira etapa individualmente, buscando, deste modo, explorar o que de fato cada estudante entende do assunto, bem como evitar um enviesamento das respostas da turma. Devemos deixar claro também que esta primeira etapa é a única atividade que deve ser realizada de forma individual e que nas próximas etapas, principalmente no momento "explicar", onde o conhecimento de fato deverá ser compartilhado e construído coletivamente pela turma. A referida questão, da primeira atividade do formulário, pode ser vista na Figura 9.

Figura 9 – Primeira Questão da Atividade 1

<p style="text-align: center;">Atividade 1</p> <p>1) Que efeito seria produzido pelas fitas de LED se o potenciômetro que regula o tempo apagado dos LED estivesse posicionado no mínimo? E no máximo?</p>

Fonte: Próprio Autor (2023).

Findando a primeira etapa, uma vez certificado de que as hipóteses desta última questão foram preenchidas, cabe ao professor solicitar que os alunos, não necessariamente todos, externem suas hipóteses, com a intenção de provocar e promover um ambiente propício à liberdade intelectual do aluno. Porém, de acordo com Carvalho (2018, p. 777), “não é fácil manter um ambiente não coercitivo em sala de aula, onde os alunos possam apresentar seus argumentos sem medo, estejam estes corretos ou não”.

Depois de todos terem respondido a primeira questão do formulário, o professor deverá pedir para que, nesta segunda etapa da método POE, os alunos observem atentamente o aparato experimental, e informar de que podem e devem conversar sobre o que observarem e que estará realizando lentamente o giro do potenciômetro, que altera o tempo que os LED permanecem apagados para o mínimo. Neste momento, o professor deve já se atentar para as manifestações, que assinalarão se os alunos perceberam o fenômeno produzido, ou seja, os LED praticamente acesos continuamente, e evidenciarão comentários ou palavras que deverão ser utilizadas nas conclusões finais da aula. Logo em seguida, os alunos deverão ser informados de que estará sendo realizado lentamente o giro do mesmo potenciômetro para o máximo. Concluindo este giro o fenômeno manifestado será o LED piscando, porém o tempo que LED permanece apagado será muito maior que o aceso, uma vez que o tempo aceso do LED não é alterado.

Uma vez observados os fenômenos pelos alunos, um pequeno intervalo de tempo deverá ser dado aos grupos para conversarem sobre suas conclusões, que logo após deverão ser manifestadas, ao professor, por cada grupo. Permitindo que, nesta terceira etapa, o professor busque mostrar aos alunos que os conceitos abordados neste processo de ensino por investigação foram obtidos sem que houvesse uma explanação por parte do professor, o que não ocorre no método tradicional de ensino, valorizando, desta forma, a participação do aluno oferecendo-lhes confiança e segurança para as próximas questões. Lembrando que o professor não poderá se esquecer de que se trata de uma atividade investigativa e não deverá explicar

sobre o conteúdo da aula, que deverá ser construído ao máximo pelos próprios alunos, cabendo apenas incentivos ou mais perguntas como por exemplo, “Boa resposta.”, “Bem observado.”, “Tem certeza?”, “Será mesmo que é isso?”, “Concentre-se um pouco mais.”

De forma análoga, a segunda questão, desta primeira atividade, deverá ser lida em voz alta, por um aluno ou pelo professor, sanada qualquer dúvida relativa ao enunciado e solicitado aos alunos para que escrevam suas respostas no formulário. O enunciado pode ser visto na Figura 10. Neste momento, o professor deverá voltar a lembrar que não poderão conversar entre si, voltar a deixar o aparato ligado com as fitas de LED piscando moderadamente.

Figura 10 – Segunda questão da Atividade 1

2) Que efeito seria produzido pelas fitas de LED se o potenciômetro que regula o tempo aceso dos LED estivesse posicionado no mínimo? E no máximo?

Fonte: Próprio Autor (2023).

Depois de todos terem respondido a questão no formulário, o professor solicitará aos alunos que observem atentamente o Estrobocorda, informando-os de que podem e devem conversar sobre o que observam e que estará realizando lentamente o giro do potenciômetro, que altera o tempo que os LEDs permanecem acesos, para o mínimo. É importante que o professor aguarde um pouco para que os alunos possam processar o que estão observando, ou seja, os LEDs praticamente apagados continuamente, podendo, talvez, observar com as luzes do ambiente apagadas, um pequeno intervalo de tempo que o LED acende, por conta das características do potenciômetro utilizado. Continuando a atividade, os alunos deverão ser informados de que estará sendo realizado lentamente o giro do mesmo potenciômetro para o máximo e que permaneçam atentos. Concluído o giro do potenciômetro, o LED estará piscando, porém o tempo que o LED permanece aceso será muito maior que o apagado, uma vez que o tempo apagado do LED não é alterado. Após a observação dos fenômenos pelos alunos, um pequeno intervalo de tempo deverá ser dado aos grupos para que conversem entre si, conflitem essas observações com suas hipóteses e procurem formular suas opiniões e explicações junto aos colegas, que logo após deverá ser manifestada, ao professor, por cada grupo, buscando a promoção de um ambiente curioso, intrigante e dinâmico.

A seguir, deverá ser solicitado que novamente cessem as conversas paralelas, para a realização da última questão, enfatizando que para esta sejam utilizados os conhecimentos obtidos nas atividades anteriores e que tenham atenção e concentração máximas. Sendo que, desta vez, o professor deverá informar que o Estrobocorda, além de ter as fitas de LED, possui também uma corda com extremidades fixas, onde uma delas se conecta a um motor que ao girar perturba esta corda.

Antes de iniciar a resolução da única questão, da segunda atividade, é primordial que haja uma breve apresentação do funcionamento do Estrobocorda, somente da corrente se movimentando e suas variações, oferecendo assim melhor condição de análise por parte dos alunos e sanando possíveis dúvidas dos mesmos pelo fato deste recurso não ter sido apresentado anteriormente.

Logo após, a segunda atividade deverá ser lida em voz alta, por um aluno ou pelo professor, sanada qualquer dúvida relativa ao enunciado e solicitado aos alunos para que, em silêncio, escrevam suas respostas no formulário, que é exibido na Figura 11. Cabe ressaltar, que neste momento o professor deve se atentar em oferecer aos alunos tempo adequado, de modo que amenize o risco de não terminar todas as etapas dentro do tempo previsto de aula e, ao mesmo tempo, proporcione a maior liberdade e/ou condição possível para o desenvolvimento do raciocínio do aluno.

Figura 11 – Primeira questão da Atividade 2

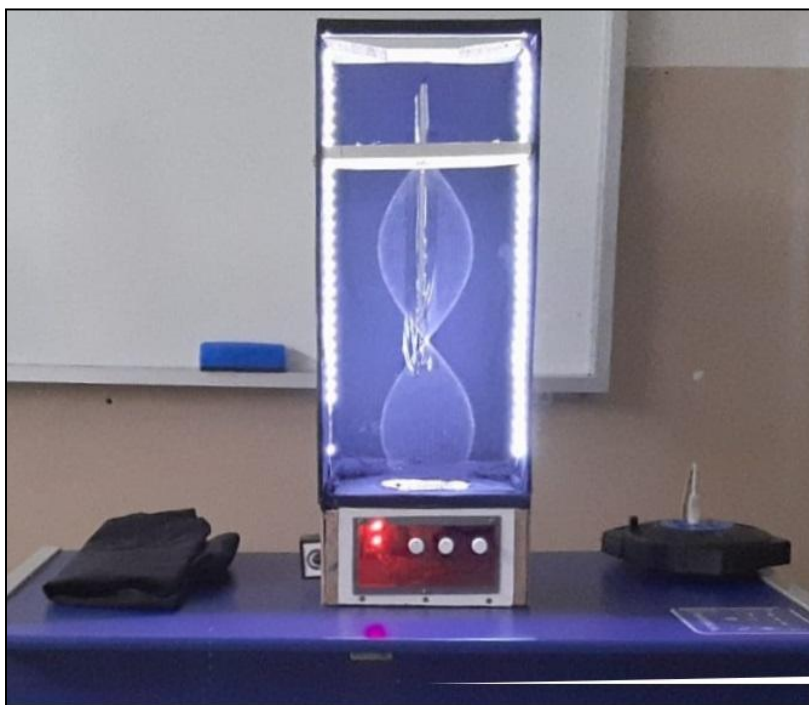
<p style="text-align: center;">Atividade 2</p> <p>1) O que visualizaríamos caso ocorra um casamento de frequências entre LED piscando e corrente girando?</p>

Fonte: Próprio Autor (2023).

Somente quando todos tiverem acabado de escrever suas respostas ou com poucos minutos para o término da aula, deverá ser apresentado o fenômeno através do Estrobocorda, informando-os que já podem e devem conversar e comentar sobre o que estão observando. Logo depois, deverá ser reduzida ao máximo a iluminação do ambiente, para melhor visualização do fenômeno, promovendo efeito visual de uma nítida onda estacionária sob a corda com um comprimento de onda, conforme pode ser visualizado na Figura 12. Caso haja

necessidade, o professor deverá fazer buscar o casamento de frequências realizando pequenos ajustes, através dos potenciômetros, para que o efeito desejado seja alcançado.

Figura 12 - Busca pelo casamento de frequências



Fonte: Próprio Autor (2023).

O professor deve permitir o tempo máximo para os comentários e conclusões, e solicitar a cada grupo que as manifeste, explicando o que imaginaram que aconteceria antes de observar o fenômeno, ou seja, o que responderam no formulário, o que acreditam estar acontecendo e se podem explicar com suas palavras o fenômeno produzido. Sendo que, desta vez, os alunos poderão fazer uso da experiência adquirida nas questões anteriores, o que provavelmente enriquecerá, deste modo, a linha de pensamento adquirida e conseqüentemente as manifestações. Segundo Carvalho (2011, p. 259), “O aceitar as ideias do aluno, mesmo que totalmente erradas do ponto de vista do professor, procurando entender qual o raciocínio que o levou àquela conclusão, e o discutir ideias e não pessoas ajudam e muito a criação de um ambiente encorajador”.

Por fim, o professor deverá consolidar e estruturar os conceitos abordados e/ou alcançados nas atividades, proporcionando ao aluno uma perspectiva ampla dos assuntos pertinentes a ondas, sanando dúvidas, de preferência, fazendo uso das palavras e comentários utilizados nas próprias respostas dos alunos durante a aula. Finalizando a aula, o professor deve recolher os formulários preenchidos e, como sugestão, pontuar a participação dos alunos.

5 ANÁLISE E REFLEXÃO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO

O produto desta dissertação foi aplicado em três turmas, totalizando cerca de 30 alunos, todas do curso de graduação - Licenciatura em Física e Engenharia Mecatrônica - no Instituto Federal do Sudeste de Minas - Campus de Juiz de Fora, entre os meses de dezembro de 2022 a janeiro de 2023. Cabe enfatizar o fato de que a aplicação deste produto com a metodologia em questão pode ser também utilizada em turmas do Ensino Médio, com maior número de alunos.

É importante informar que, além dos dados coletados através dos formulários preenchidos, as manifestações dos alunos, utilizadas nesta análise, foram anotadas pelo Professor Dr. Bruno Rizzuti, que orientou este trabalho e participou de todas as aplicações.

5.1 PRIMEIRA APLICAÇÃO

A primeira aplicação deste trabalho foi no dia 06 de dezembro de 2022, no laboratório do Programa de Educação Tutorial (PET) Física, para sete alunos da turma de Física Experimental III, ocasião em que foi possível preparar o local e materiais da aula antes da chegada dos alunos, tendo em vista a disponibilidade do laboratório minutos antes do início da aula. Já nesta preparação podemos apontar alguns cuidados aprendidos que por vezes podem passar despercebidos, como por exemplo, a proximidade do local escolhido pelo professor de onde o Estroboscópio estará melhor posicionado, para observação dos alunos, em relação à fonte de energia, trazendo-nos então a ideia de que a disponibilidade de uma extensão elétrica pode facilitar e muito na montagem de como os componentes na sala de aula ficarão dispostos. Outro fator que merece atenção é a luminosidade da sala, pois nem todas as salas possuem cortinas ou algo que inibam a luminosidade do ambiente externo. Nesta ocasião, fizemos uso de extensão e cortinas que nos proporcionaram um efeito consideravelmente satisfatório para dar início a atividade.

Logo ao entrar na sala de aula, os alunos já demonstraram curiosidade quando perceberam algo diferente posicionado em cima da mesa. De forma objetiva sem perder muito tempo, após apresentação do professor, os alunos receberam em silêncio e concentrados a apresentação das atividades propostas e as recomendações a respeito das etapas que seriam realizadas. Mesmo sendo perguntado pelo professor se algum dos alunos teria alguma dúvida, eles responderam que não.

Em seguida, como a sequência didática orienta, uma revisão foi iniciada já através de um processo investigativo com perguntas acerca de imagens impressas, como “O

que vem a sua mente quando olha para estas imagens?”, alcançando um dos primeiros desafios, onde os alunos puderam identificar o tema a ser abordado e relembrou algumas classificações básicas de ondas, sem que toda a base conceitual necessária para a aula fosse apresentada pelo professor, como teria ocorrido numa aula expositiva tradicional. Podemos citar algumas respostas manifestadas pelos alunos como “Ondas”, “Ondas transversais”, “Ondas eletromagnéticas”, etc.

Foi perceptível que nesta primeira atividade parte dos alunos foram discretos em suas manifestações e outros mais desenvolvidos, mostrando já uma ideia da personalidade individual, característica esta que foi aproveitada pelo professor como sugestão para composição dos grupos, visando uma interação entre todos os alunos, estimulando assim o desenvolvimento de assuntos pertinentes e as manifestações, também, de alunos cuja personalidade seja relativamente discreta ou tímida.

Antes de iniciar a atividade, o Estroboscópio foi sumariamente apresentado aos alunos, sendo que nesta apresentação o professor somente indicou os recursos verbalmente sem colocar o aparato em funcionamento, justamente para não comprometer as futuras hipóteses que seriam confeccionadas pelos próprios alunos.

A partir deste momento foi anunciado o início da atividade investigativa, enfatizando a restrição de interação entre os alunos, exclusivamente na primeira etapa, e lembrando de que precisavam escrever no espaço destinado a cada questão a respectiva hipótese, sinalizando quando terminassem, oferecendo-os, assim, a sensação de conforto para desenvolver e registrar seu raciocínio e de que não precisavam ter pressa, uma vez que o objetivo era obter a resposta mais detalhada possível.

Sendo assim, o formulário de questões foi entregue aos alunos, conforme pode ser visualizado na Figura 13, e em seguida foram informados pelo professor de que, no total, fariam duas atividades, sendo a primeira com duas questões e a segunda com uma única questão. De modo que teriam que fazer uma questão de cada vez e, em cada uma delas, teriam que realizar três etapas do método investigativo POE (Predizer - Observar - Explicar). Importante dizer que neste momento o professor aproveitou para questionar os estudantes se até aquele momento haviam dúvidas com o intuito de melhor embasar os conceitos já abordados anteriormente, o que permitiu o manifesto de alguns alunos afirmando não ter dúvidas quanto ao que havia sido discutido, porém questionaram se a atividade geraria alguma pontuação. Neste caso, o professor respondeu “talvez sim” e que dependeria do envolvimento da turma, buscando não somente manter os alunos comprometidos com a aula, mas também

verificar se a atividade provocaria interesse pela atividade investigativa sem que ficasse acertado algo em troca.

Figura 13 - Distribuição de formulário aos grupos



Fonte: Próprio Autor (2023).

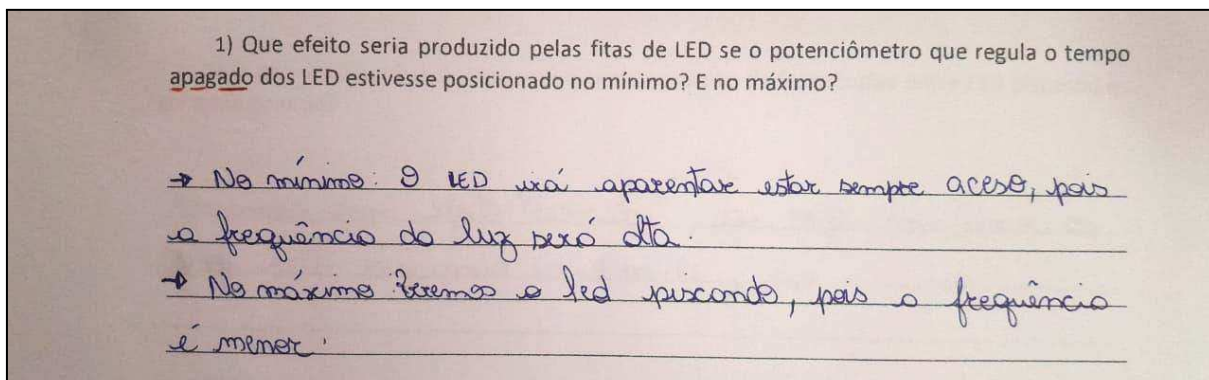
Nesta primeira aplicação, não ficou claro para alguns alunos que deveriam fazer as três etapas de uma questão, para depois iniciar a realização da questão seguinte, o que permitiu que uma quantidade pequena de alunos registrassem suas hipóteses nas questões seguintes, sem ter observado ou adquirido qualquer informação que pudesse ser utilizada para a resolução dessas questões futuras. O que evidenciou a necessidade de que o professor, nas próximas aplicações, devia orientar os alunos quanto a este aspecto com maior ênfase e clareza, para que os resultados futuros não fossem comprometidos.

5.1. 1 Primeira Questão

A realização da primeira etapa, da primeira questão, durou aproximadamente 7 minutos, quando o último aluno finalizou o seu registro. Pouco antes, foi o momento mais delicado no que se refere a controle e disciplina da turma pois, a medida que os alunos iam terminando de registrar suas respostas, de forma muito natural surgiram tentativas de conversas paralelas buscando sondar o que o colega havia escrito, o que exigiu do professor uma atuação mais incisiva com a finalidade de garantir o melhor ambiente para o aluno que ainda estava realizando a referida etapa, mas também para não perder o controle disciplinar da turma, de modo a comprometer os resultados almejados, buscando ainda, fazendo uso de cautelosas palavras, não comprometer a construção de ambiente confortável para todos.

Assim os alunos em silêncio, concentrados e participativos registraram suas respectivas hipóteses. Uma das hipóteses registradas pode ser visualizada na Figura 14.

Figura 14 – Primeira Questão da Atividade 1 preenchida por aluno (1ª Aplicação)



Fonte: Próprio Autor (2023).

Logo após a conclusão da primeira etapa, do método POE, desta primeira questão, na qual o aluno previu e registrou no formulário o que foi solicitado na questão, a interação entre eles foi instantânea e a curiosidade, de um aluno querer saber o que o colega havia respondido, foi um ótimo sintoma deste processo de ensino por investigação, com comentários ou palavras aleatórias como “Frequência”, “Frequência ficará mínima”, “Então?”, etc. Após alguns minutos, foi possível perceber o momento onde os assuntos e opiniões se encerraram e a realização da segunda etapa foi iniciada, na qual o fenômeno, exposto pela questão, foi apresentado através do Estroboscópio, sendo anunciado claramente o que estava sendo realizado, tendo em vista as duas situações solicitadas nesta questão. Deste modo, foi produzido o fenômeno referente a primeira situação, com o potenciômetro posicionado no mínimo, o que promoveu o efeito visual de que os LED ficavam acesos constantemente, e logo após foi produzida a segunda situação, com o potenciômetro no máximo, promovendo o efeito visual de que os LED ficavam cerca de 4 segundos apagados e um curto intervalo de tempo acesos. Este fenômeno foi realizado por mais duas vezes, para que pudessem coletar o máximo de detalhes possível e, durante a observação, foi possível perceber somente alguns sussurros, mas nada foi ouvido de forma evidente para registro.

Percebendo o surgimento de conclusões dentro dos grupos, o professor iniciou a terceira e última etapa da primeira questão, solicitando a cada grupo que manifestasse suas hipóteses, observações e buscasse utilizar esses fatores para tentar explicar suas conclusões. Surpreendentemente, obtivemos resultados onde a maioria dos alunos ratificaram suas

hipóteses na primeira situação, o que promoveu reações de alegria e entusiasmo instantaneamente nos mesmos. Porém na segunda situação, embora tenham ocorridos alguns acertos, muitos, já nesta primeira questão, se depararam com o primeiro contraditório, afirmando que os LED ficariam apagados continuamente, o que não ocorre.

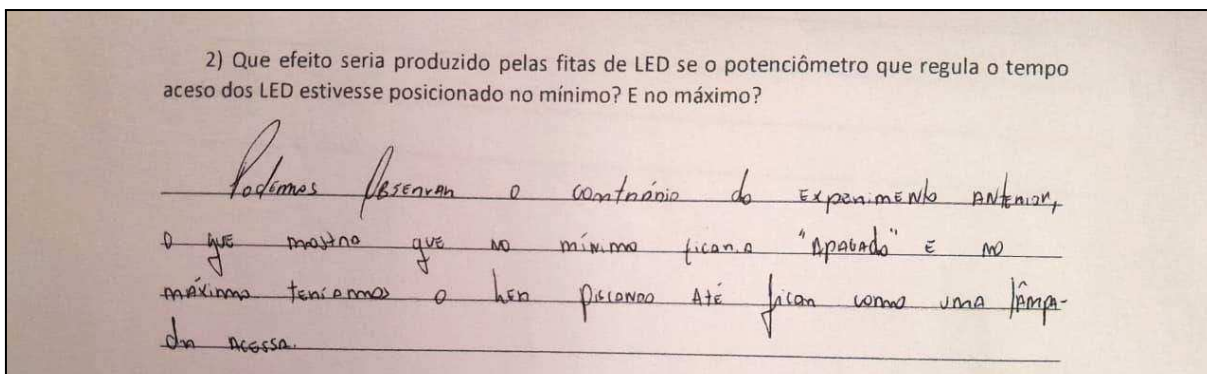
Após discussão em grupo, alguns nitidamente identificaram seus equívocos e se convenceram da necessidade de mudança de suas concepções acerca do fenômeno observado, porém outros nem tanto, manifestando fisionomias pouco confusas. O que impressionantemente gerou uma curiosidade notória na realização da próxima questão, na esperança de ratificação ou retificação de suas concepções.

Já um aprendizado relacionado à postura do professor, foi percebido por professor convidado, que algumas vezes o silêncio dos alunos gerou uma ansiedade ou sensação de necessidade de alguma intervenção ou explanação do professor, o que evidenciou a cautela necessária, por parte do professor, de intervir porém não explicar o assunto almejado, preservando o referido objeto, preconizado pela metodologia investigativa, como algo a ser atingido, através do produto e sequência didática, somente pelos alunos. Além disso, foi sugerido por outro professor, presente como convidado, a colocar as palavras “aceso” e “apagado” em negrito, por ter alta relevância na interpretação e leitura das questões apresentadas.

5.1. 2 Segunda Questão

Na segunda questão, semelhantemente à primeira, o professor precisou relembrar da restrição na comunicação durante a primeira etapa, caracterizada pela previsão do fenômeno, porém foi perceptível uma maior velocidade no registro das hipóteses, conforme amostra que pode ser visualizada na Figura 15, sinalizando o quanto a experiência anterior agregou ao desenvolvimento do raciocínio explorado. O que permitiu que após poucos minutos, iniciasse a segunda etapa, do método POE, a observação. Nesta etapa, foi possível perceber uma grande contradição de ideias, porém uma intensa busca pelo entendimento do que estavam observando na prática com a teoria, ou seja, as hipóteses registradas. Um bom exemplo, foi o curioso fato de o mesmo aluno que apresentou suas hipóteses de acordo com o fenômeno observado na primeira questão, já nesta segunda, não apresentou hipótese coerente, porém rapidamente reformulou suas concepções manifestando seu entendimento do fenômeno nas etapas seguintes.

Figura 15 – Segunda Questão da Atividade 1 preenchida por aluno (1ª Aplicação)



Fonte: Próprio Autor (2023).

Finalizando a realização da questão e encerrando com a terceira etapa, explicação, obtivemos manifestações satisfatórias, coerentes e coesas dos grupos, que talvez fosse preciso pequenas orientações quanto ao vocabulário de nomenclaturas técnicas que não era o foco no momento. De modo que, comparando as duas questões, os alunos conseguiram alinhar suas concepções chegando na ideia de que os potenciômetros influenciam precisamente no tempo em que os LED permanecem acesos ou apagados, não tendo influência entre eles, ou seja, alterando o tempo aceso não altera o tempo apagado. E a partir desta compreensão surgiram as conclusões retificadoras das concepções pré-existentes, momento em que pudemos ouvir comentários como “Ah, agora entendi.”, “É verdade.”, “Então é por isso.”, “O outro intervalo não muda”. Fato este que se apresentou como condição ideal para a realização da última atividade, que exigiu um pouco mais do raciocínio dos alunos.

5.1. 3 Questão da Atividade 2

Por sugestão de outro professor convidado, já que esta última questão faz referência, também, ao movimento da corda, antes da sua realização, como não havia mostrado em nenhuma oportunidade anterior, o professor apresentou o Estrobocorda com a corda se movimentando para que o aluno pudesse entender o que foi solicitado.

Na primeira etapa, desta metodologia investigativa POE, da única questão da segunda atividade, foi incrível e perceptível o quanto os alunos estavam concentrados, buscando nitidamente a melhor hipótese, como se fosse um jogo de xadrez, onde teriam que utilizar toda sua experiência adquirida e desenvolvê-la em busca do melhor êxito possível.

Conseqüentemente, o tempo necessário para finalizar esta etapa foi superior às primeiras etapas das questões anteriores.

Em seguida, antes do início da segunda etapa, o professor perguntou o que achavam que iria acontecer e, logo após, surgiram respostas como “Vai ocorrer interferência”, “Casamento de frequência é o mesmo que frequências iguais?”, respondeu a referida pergunta que sim e solicitou atenção máxima aos detalhes do fenômeno a ser produzido no Estroboscópio. Inicialmente, o professor buscou o casamento de frequências com o ambiente ainda iluminado, provocando uma curiosidade e esforço significativo dos alunos para conseguirem perceber ou enxergar alguma novidade no aparato experimental, permitindo inclusive que alguns manifestassem a observância do surgimento de franjas. Mas o que impressionou, provocando um sentimento de surpresa, foi o simples apagar das luzes, quando o efeito produzido pelos LED sob a corda ficaram mais evidentes, conforme visualização na Figura 16, tornando possível a visualização de uma onda praticamente parada, mesmo cientes de que a corda continuava a se mover rápida e constantemente.

Figura 16 – Casamento de frequência



Fonte: Próprio Autor (2023).

Neste momento ocorreu um misto de eventos onde em alguns momentos muitos manifestavam opiniões diferentes, como “Ah, a gente vai conseguir ver ele parado.”, “Que legal.”, “Ressonância?”, “Estaria como se fosse parado.”, mas ao mesmo tempo, em outros momentos pairava um silêncio que apresentava a incerteza de não se saber se estavam buscando respostas ou se estavam apreciando o efeito produzido. O fato é que a terceira etapa

do POE, explicação, a maioria dos alunos chegaram à conclusão correta do motivo pelo qual o fenômeno produzido ocorrera, sendo que a grande maioria registrou hipóteses diferentes do fato observado, o que demonstra o quanto a aplicação deste produto afetou positivamente as concepções pré-existentes dos alunos. Cabe ressaltar que as conclusões pleiteadas, como conceitos de frequência e período, foram obtidas sem qualquer explicação por parte do professor, valorizando as capacidades, fortalecendo a confiança e estimulando o aprendizado dos alunos de maneira dinâmica, organizada, descontraída, e, principalmente, objetiva.

Finalizando a aula o professor recolheu os formulários para análise futura, e ratificou as conclusões utilizando, sempre que possível, as palavras dos próprios alunos na busca de orientá-los quanto ao vocabulário específico do conteúdo de ondas, provocando novas concepções com perguntas como “O que está ocorrendo no meio da corda?”, momento que os alunos manifestaram comentários como “Elas se anulam”, “Naquela outra parte elas se somam” e o professor pôde abordar conceitos relacionados a interferência construtiva e destrutiva. Valorizando assim a participação de todos e estimulando-os a buscarem respostas em aulas futuras ou situações do cotidiano, alimentando-se de todo conhecimento possível através de senso crítico e investigação. Ainda com poucos minutos para o término da aula, o professor ofereceu aos alunos a oportunidade para quem tivesse interesse, é claro, de manusear o Estrobocorda, momento em que muito dos quais demonstraram interesse, e alguns destes estavam receosos em manuseá-lo, por medo de provocar algum dano, o que exigiu um encorajamento por parte do professor para ultrapassar esta barreira e se divertir com o Estrobocorda.

De uma maneira geral, as duas próximas aplicações foram realizadas seguindo a mesma sequência didática, o que provoca muitas semelhanças dentre elas. Nos próximos parágrafos vamos ater aos novos detalhes que caracterizam as peculiaridades de cada aplicação.

5.2 SEGUNDA APLICAÇÃO

Fazendo uso dos aspectos levantados como possíveis melhorias na primeira aplicação do produto, nesta segunda oportunidade de aplicação obtivemos um melhor desenvolvimento das atividades, onde os alunos foram pouco mais participativos, tirando dúvidas quanto ao momento e ao que deveriam realizar no decorrer das atividades. Esta aplicação foi, também, realizada no laboratório do Programa de Educação Tutorial (PET) Física, para seis alunos da turma de Instrumentação para o Ensino de Física II, também no dia 06 de dezembro 2022, onde toda estrutura necessária para a aula foi adquirida garantindo as

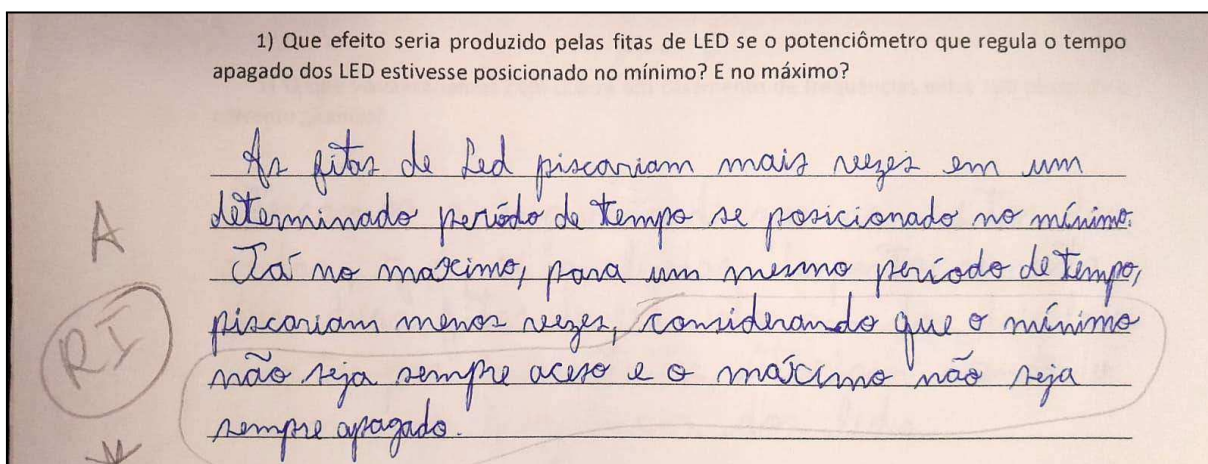
condições ideais para o início da aula. Já na parte introdutória obtivemos respostas positivas como “Ondulatória”, “Frequência”, “Período”, “Propagação de onda”, “Perturbação”, por ocasião da pergunta a respeito das imagens apresentadas. Durante a sumária apresentação do Estroboscópio, um aluno, demonstrando muito curiosidade interrompeu o professor com pergunta e comentário como “É uma cordinha ali no meio?”, “Ficaria legal de ver num vídeo, com slow motion.”, “Tranquilo? Não intuitivo, mas sim!”.

Gostaria de ressaltar que, nesta aplicação, um deles não parecia estar interessado inicialmente, porém durante as atividades, com a apresentação do fenômeno por ocasião da segunda etapa do POE, as manifestações começaram a surgir evidenciando sua conectividade com a aula. Fato que nos remete ao pensamento de duas vertentes, ou desde o início este aluno estava participando da aula e aparentava para o professor que não estava, ou as atividades investigativas o levaram para o universo que estavam inseridas. O interessante é que independentemente da vertente ocorrida, o fato é que ambas são excelentes fatores para o objetivo almejado por esta metodologia, a POE.

5.2. 1 Primeira Questão

Na primeira etapa desta primeira questão, como sempre, o professor precisou enfatizar de que não poderia ocorrer interação durante o preenchimento do formulário com as hipóteses individuais para que as respostas não fossem comprometidas, o que rapidamente gerou o silêncio esperado e foi só uma questão de alguns minutos para o último aluno sinalizar que havia terminado. Comprometimento este que pôde ser constatado na riqueza de detalhes na confecção de suas hipóteses, como podemos visualizar na Figura 17.

Figura 17 – Primeira Questão da Atividade 1 preenchida por aluno (2ª Aplicação)



Fonte: Próprio Autor (2023).

Na realização da segunda etapa da primeira questão, quando ocorreu a observação do efeito produzido pelos LED, novos comentários manifestados com entusiasmo surgiram, como por exemplo, “Acertei!”, “Máximo de tempo ligado.”, mais uma vez atingindo um dos objetivos da metodologia aplicada.

5.2. 2 Segunda Questão

Na primeira etapa, da segunda questão, obtivemos respostas com ideias coerentes, porém outras variadas, manifestando as reais interpretações ou desenvolvimento do raciocínio de cada aluno. Outro fator interessante é que por mais tímido que seja o aluno, o ato de escrever se apresenta como ferramenta libertadora desta referida barreira, uma vez que sua hipótese é registrada sem a necessidade ou obrigação de expor em amplo ambiente coletivo.

Já durante a apresentação do fenômeno, foram manifestados comentários seguros e positivos como, “Acertei.”, “Ah, claro. É o contrário”, “Sabia.”, demonstrando aceitação ou compreensão do que estavam observando, o que levou o professor a já prosseguir para a etapa da explicação, momento em que os alunos manifestaram uma limitação em expressar o que pareciam ter assimilado, o que levou o professor a buscar estimulá-los a desenvolver suas respostas fazendo uso das próprias afirmações dos alunos, como por exemplo “Você não disse que ...”, “Então.”, e a oferecer, em alguns momentos, segurança com comentários como “Isso.”, “Certíssimo”, e, em outros momentos, incertezas com o propósito de provocar o desenvolvimento do raciocínio, com comentário como “Será?”, “Tem certeza?”.

5.2. 3 Questão da Atividade 2

Como não podia ser diferente, na primeira etapa da única questão da segunda atividade, os alunos foram além e tiveram que ser contidos para não manifestarem em voz alta suas hipóteses, preservando o registro individual de todos sem que um fosse influenciado pelo outro, embora um dos alunos já houvesse manifestado “Nós vamos enxergar em quadros”.

Fato curioso que ocorreu foi que antes de iniciar a segunda etapa, durante a apresentação do recurso do Estroboscópio, referente ao movimento da corda, por ocasião da busca por características básicas de ondas os alunos apresentaram diversos termos específicos como “Forma um nó.”, “Amplitude”, “Máximo”, “Mínimo”, “Vale e crista.”, “Por quê o nó aparece?”, “Interferência construtiva e destrutiva”, elevando o nível de qualidade da aula.

Seguindo com as atividades, durante a segunda etapa, ocorreu um bombardeio de comentários que muito enriqueceu a aula, como por exemplo, “Estamos vendo vários quadros.”, “Tô vendo o negócio girar. Ou estou louca?”, “Que legal.”, “Caramba!”. Satisfeito com as manifestações, o professor logo iniciou a terceira etapa solicitando que os alunos tentassem descrever o que estavam vendo, o que imediatamente surgiram respostas como “Estou vendo o fio girar em câmera lenta?”, “É tipo quando vemos aquelas figuras de várias fotos de um movimento na Física I.”, “Agora ela está andando ao contrário.”, “Está descasando o pisca.”, “E agora, olha só! Parece que são 3 movimentos.”. O professor aproveitando a imersão na atividade perguntou se haviam acertado nas hipóteses e obteve respostas como “Não achei que fosse ver a corrente parada”, “Eu não imaginava o efeito de girar.” E perguntando se haviam entendido, responderam que sim e com vocabulário técnico ainda informal, explicaram a relação das frequências entendendo as diversas variações de imagens e efeitos produzidos pelo Estroboscópio. Assim, finalizando a aplicação o professor, procurando fazer uso das afirmativas dos alunos, concluiu a aula com um resumo das lições ou conceitos abordados e adquiridos na significativa oportunidade.

5.3 TERCEIRA APLICAÇÃO

A terceira e última aplicação, com duração de 1h e 10min, foi realizada na sala de aula do IFET Sudeste de Minas - Campus de Juiz de Fora, para 17 alunos do 2º período do curso de Engenharia Mecatrônica, no dia 31 de janeiro de 2023, onde também pudemos contar com a existência de cortinas, que para mantê-las fechadas fizemos uso de fitas adesivas que cumpriu a finalidade tranquilamente, e em relação a fonte de energia elétrica, foi necessária, somente, a utilização de uma extensão para ligar o Estroboscópio, o que contribuiu, mais uma vez, para uma aplicação tranquila sem imprevistos. É importante salientar que nesta aula, não somente a estrutura ou atividades deste método investigativo foram lapidadas, mas também a forma com que o professor ministrou a aula. Tendo em vista as experiências adquiridas nas aulas anteriores, o professor, conseqüentemente, apresentou maior segurança nos anúncios e na condução das atividades, preservando o dinamismo da aula e evitando interpretações confusas, por parte dos alunos, que poderiam comprometer a fidelidade da informações geradas pelas etapas e conseqüentemente nos resultados finais da aula.

Na parte introdutória desta aplicação, os alunos também conseguiram não só identificar o tema da aula, manifestando respostas como “Ondas”, “Propagação de ondas sonoras”, como também distinguir ondas transversais e longitudinais, em resposta às

perguntas relativas às imagens apresentadas, surgindo comentários de exemplos de ondas como “Mecânica, som”, “Eletromagnética, Luz”.

Já na apresentação do Estrobocorda, surgiram algumas dúvidas referentes à influência dos potenciômetros sobre o sistema, o que exigiu do professor explicar que o funcionamento do motor é independente do funcionamento das fitas de LED e que o tempo mínimo produzido pelo aparato é muito próximo de zero e o máximo é de aproximadamente de 4 a 5 segundos. A impressão evidente era de que já estavam tentando responder a segunda questão desta primeira atividade, o que exigiu do professor, assim como nas outras aplicações, a necessidade de ressaltar que as questões deveriam ser realizadas uma de cada vez, e que, em cada uma delas, teriam que realizar as três etapas da referida metodologia investigativa, que são prever, observar e explicar.

5.3. 1 Primeira Questão

Sendo assim, na primeira etapa desta primeira questão, os alunos registraram suas hipóteses, concentrados e, notoriamente, participativos. Para isso, levaram aproximadamente 6 minutos, se mostrando comprometidos e ansiosos para ver que efeito seria produzido pelo Estrobocorda.

Ainda nesta primeira questão, logo após a segunda etapa, da observação, surgiram os primeiros comentários da terceira etapa, explicação, “Eu falei que ficaria mais tempo aceso.”, “...continuamente acesa, pois não dá para perceber quão rápido o LED piscava...”. Neste momento, da mesma forma que nas aplicações anteriores, alguns pareciam seguros de suas concepções e outros não.

5.3. 2 Segunda Questão

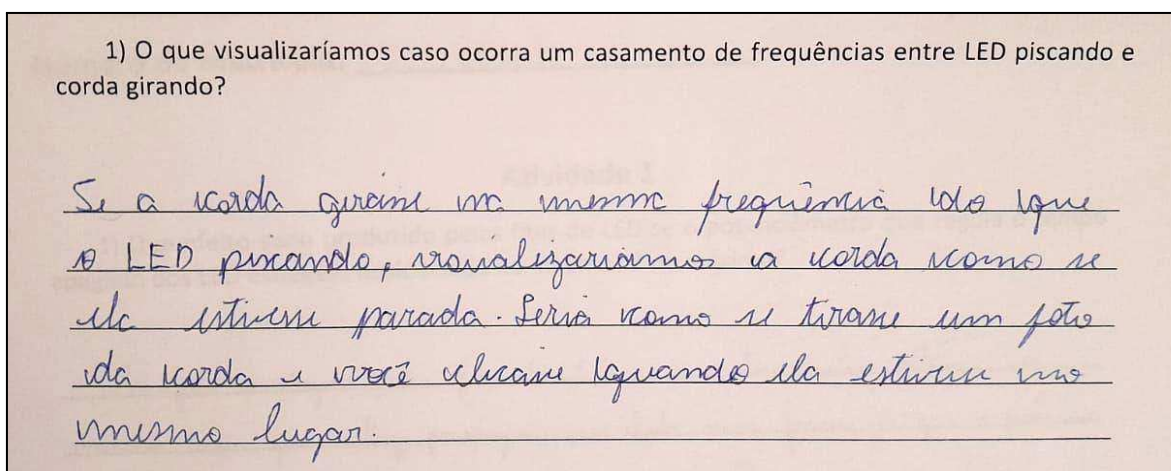
Na primeira etapa, prever, desta segunda questão, os alunos intuitivamente preencheram rapidamente os formulários aplicando o que acreditavam ter entendido na primeira questão, evidenciando, em alguns, lacunas na interpretação fenomenológica almejada.

Na terceira etapa da segunda questão, comentários manifestados como “Uai, eu acertei.”, “Foi igual ao primeiro.”, “Não achei que fosse ficar totalmente escuro.”, “Só um cadim aceso... Luz foi apagada ... Ah! Acertei!”, enriqueceram a referida abordagem investigativa servindo como satisfatória base conceitual para a realização da última questão do formulário.

5.2.3 Questão da Atividade 2

Novamente, assim como na aplicação anterior, durante a realização da primeira etapa da última questão, um aluno se manifestou dizendo: “Veríamos apenas um formato.”, exigindo que o professor interviesse solicitando que nesta etapa as manifestações fossem somente através da escrita registrando-as no formulário preenchido individualmente. De forma surpreendente, foi possível verificar que, numa visão muito positiva, um número considerável de alunos registrou hipóteses alinhadas com o fenômeno apresentado na etapa seguinte, conforme Figura 18, nos apresentando um resultado muito satisfatório, consolidando a ideia de que a proposta principal desta metodologia de ensino possui uma capacidade significativa de promover um ensino de qualidade por intermédio da investigação.

Figura 18 – Questão da Atividade 2 preenchida por aluno (3ª Aplicação)



Fonte: Próprio Autor (2023).

Ainda durante a segunda etapa, observação, quando o professor busca o casamento da frequência das piscadas das fitas de LED e a frequência de oscilação da corda, os alunos vislumbrados com o que estavam vendo, manifestaram respostas como “Piscar mais rápido para alcançar a frequência do motor.”, “Ah... Show!”, “Que foda.”. E logo após, na terceira etapa, explicação, surgiram comentários como “Fica igual àqueles hologramas da Shopee.”, “Parece que tá parado.”, “Sincroniza as frequências... A gente só vê a corda quando ela passa pelo mesmo ponto.”

Deste modo, podemos dizer que o objetivo deste trabalho foi alcançado pelo fato de constarmos com fatos e registros o desenvolvimento do raciocínio acerca de ondas, através do método investigativo onde os alunos puderam alcançar conclusões técnicas,

fazendo uso do aparato experimental sem que houvesse uma aula expositiva tradicional. Logo, a grata surpresa, por parte dos alunos, de terem comprovado a conquista de aprenderem mais sobre o tema de ondas seguindo um método, desenvolvido sem a figura do professor como protagonista, os remete conseqüentemente à descoberta de uma habilidade talvez inimaginável, ou, pelo menos, questionável, que provavelmente os encorajará a encarar outros desafios seja na vida acadêmica ou social.

Dentre os aprendizados colhidos nestas aplicações, podemos destacar a importância da apresentação do funcionamento do Estrobocorda, mostrando o movimento provocado na corda antes da resolução da última atividade, e a cautela necessária do professor quanto à limitação de explicação de conceitos que deveriam ser alcançados somente pelos alunos de forma investigativa. Além disso, comparando as três aplicações, foi possível perceber que embora o número elevado de alunos nos levasse a acreditar que um fator complicador referente à disciplina e controle das atividades pudesse surgir, na prática o que tivemos foi muita interação entre os alunos, diversas manifestações relevantes que deram celeridade e qualidade as conclusões atingidas, promovendo de forma muito dinâmica, descontraída, mas também com muita concentração e participação por parte da grande maioria, contaminando positivamente, inclusive, aqueles que se mostravam mais discretos. Outro retorno que obtivemos, por alguns alunos da última aplicação, até de certa forma surpreendente, foi de que, ao olharem fixamente para o Estrobocorda quando estava ocorrendo a apresentação do efeito provocado pela busca do casamento de frequências da corda e das piscadas dos LED, tiveram a sensação de tontura ou enjôo, mas que deixaram de sentir esses sintomas logo após pararem de olhar fixamente para o efeito produzido.

Podemos afirmar também que em todas as aplicações, além da estrutura dos locais destinados a aula possuírem boas condições, os alunos demonstraram preocupação e comprometimento para com a atividade, o que tornou a probabilidade de êxito muito significativa. Resultado este que se apresentou positivamente, ao término das aulas, por manifestações coerentes ao tema e assuntos propostos na sequência didática, mas que, com justiça e lucidez, nitidamente, contaram significativamente com o prévio conhecimento básico de ondas dos alunos e a inovadora oportunidade de visualização dos fenômenos abordados através do aparato experimental, denominado Estrobocorda.

6 CONCLUSÃO

Esta dissertação foi focada tanto no desenvolvimento de um produto ligado ao ensino-aprendizagem de ondas, quanto a sua aplicação em sala. Nossos resultados originais foram os seguintes.

1. Desenvolvemos o Estrobocorda, um produto visualmente atrativo, de fácil manuseio e transporte, com recursos capazes de propiciar fenômenos que, uma vez observados e produzidos de maneira controlada e relativamente precisa, corroboram para um entendimento de conceitos relacionados a ondas os quais tradicionalmente exigem uma abordagem significativamente abstrata. Deste estes conceitos podemos citar como exemplos ondas estacionárias, ondas construtivas e destrutivas, período e, principalmente, frequência. Cabe ressaltar que embora seja um produto de baixo custo, sua confecção exige algumas habilidades como em eletrônica, por ocasião da existência de circuito com arduino, marcenaria, por sua estrutura ser de madeira, e com ferramentas gerais, como serra, chave de fenda, alicate, etc. Para isso, o manual do produto, que se encontra no Apêndice A desta dissertação, auxilia de maneira objetiva e segura a montagem deste produto por aquele(a) que desejar confeccioná-lo.
2. Além do produto em si, estruturamos também uma sequência didática de aplicação do Estrobocorda em sala de aula, baseada no ensino por investigação, buscando explorar todos os recursos oferecidos por este produto e estimular o processo de ensino-aprendizagem de forma dinâmica e objetiva despertando curiosidade, interesse, ansiedade por respostas e, principalmente, concepções lógicas e fundamentadas em teoria e prática. Com a sequência didática sugerida nesta dissertação, o aplicador deste produto terá a possibilidade de abordar assuntos e conceitos relacionados a ondas de maneira não-tradicional e explorar o tempo em sala de aula com eficiência e objetividade, fazendo uso não somente do Estrobocorda, como também de figuras e formulário com questões precisas que procuram confrontar o raciocínio lógico aos pré-conceitos adquiridos na vida acadêmica e/ou pessoal do aluno. Evidenciando assim uma reformulação ou ratificação de conceitos já existentes acerca de ondas ou um aprendizado de algo jamais trabalhado

anteriormente, porém ambos, neste momento, fundamentados e consolidados nos parâmetros que possuímos atualmente no mundo acadêmico.

3. O aparato experimental foi aplicado em sala de aula para turmas de graduação do Instituto Federal do Sudeste de Minas - Campus Juiz de Fora, através das quais tivemos a oportunidade de realizar uma coleta de dados que foram analisados e nos levaram a conclusões otimistas quando relacionadas ao ensino tradicional. Esta coleta foi realizada por intermédio de formulários distribuídos aos alunos para registro de suas respostas ou hipóteses, que juntamente com fatos observados pelo professor, serviram sobremaneira para a obtenção de um resultado de análise coeso e coerente. Não podemos deixar de relatar que a estratégia metodológica aplicada neste trabalho manifestou notório engajamento por parte da maioria dos alunos, onde muitos se mostraram curiosos, impressionados e ansiosos para compreender o fenômeno apresentado, realizando perguntas uns aos outros, como, “O que acham que está acontecendo?”, “Por que?”, e/ou buscando explicar aos colegas o que acredita estar observando, mantendo-os, desta forma, dentro do universo da aula e inibindo aqueles que porventura se encontravam dispersos ou pouco interessados.
4. Para uma aplicação a contento, ficou claro que um número elevado de alunos, e conseqüentemente de grupos também, não é viável por ocasião de alguns aspectos considerados importantes nesta metodologia investigativa, porém, obviamente, se refutados, esta interpretação não se faz válida. Um desses aspectos é a necessidade de observação dos fenômenos produzidos pelo Estroboscópio, o que se apresenta como fator complicador uma vez que seja utilizado apenas uma unidade deste aparato por turma, ou seja, com muitos grupos, a observação pode ficar comprometida por uma questão de limitação visual (humana), por ocasião da significativa distância entre o observador e o produto. Outro aspecto é o fator tempo que, para uma aula com natureza investigativa, se faz extremamente necessário para que o aluno possa desenvolver suas hipóteses, observações, explicações e conclusões. Durante uma das aplicações, com número de alunos pouco maior que nas outras turmas, ficou evidente a necessidade de maior intervalo de tempo para manifestação dos alunos, bem como para conclusão da atividade, o que sinaliza a inviabilidade, dentro das condições estruturais apresentadas, de um número

elevado de alunos na turma onde se pretende aplicar esta aula. Podemos destacar ainda o cuidado com a disciplina nas atividades, pois uma vez perdido o controle em face as etapas a serem seguidas, o resultado muito provavelmente será comprometido, desperdiçando assim, uma oportunidade ímpar de aprendizado significativo por uma proposta não-tradicional, além de tempo, o qual poderia estar sendo utilizado de forma eficaz e proveitosa. O sentido de disciplina citada acima está vinculado ao cumprimento restrito das etapas, principalmente, no que se refere ao momento em que os alunos não podem conversar ou trocar informações, para que seja mantido a originalidade ou autonomia plena de suas respectivas hipóteses - fator determinante à metodologia POE adotada; caso contrário os resultados seriam infíeis e enviesados.

Por fim, há uma incógnita em determinados momentos, onde o professor não tem certeza da participação do aluno, tendo que aguardar as etapas seguintes para constatar a realização destas atividades. E é justamente este fato que gera um sentimento angustiante de uma necessidade de intervir, conversar a respeito do conceito abordado, porém, assim como os alunos, o professor também precisa seguir a estratégia e se controlar para que não exponha os conceitos abordados, o que reportaria a aula tradicional e comprometeria o ensino investigativo. Por outro lado, podemos enaltecer o ambiente descontraído, extrovertido, porém controlado, não somente ao término mas por diversos momentos da aula, com manifestação de nítida e positiva surpresa das conclusões adquiridas e apresentadas através de frases como, “Não falei que era isso!”, “Pensei que isso acontecia por outro motivo.”, “Nunca vi nada parecido”, “Muito legal”, etc. Resultado este que nos remete a reflexão de que o ensino por investigação é desafiador, e que é através deste desafio que é possível gerar consequências surpreendentes e positivas, estimulando nosso corpo discente a aprender de maneira descontraída assuntos que tradicionalmente não são.

REFERÊNCIAS

- BORGES, A. Tarciso. Novos Rumos para o Laboratório Escolar de Ciências+* - Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 19, n.3: p.291-313, 2002.
- CARVALHO, Anna M. P. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: Carvalho, Anna M. P. (orgs.) Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013, p. 1-20.
- CARVALHO, A. M. P. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação – Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências – 18(3), 765-794, dezembro, 2018.
- CARVALHO, Anna M. P. O Uno e o Diverso na Educação, Cap 18 - Ensino e aprendizagem de Ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas - (SEI), 2011.
- CARVALHO, Anna M. P. Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- CHALMERS, A. F. O que é a ciência afinal? São Paulo: Brasiliense, 1993.
- COSTA, David Gadelha e AMARAL, Edenia Maria Ribeiro. O Ensino por Investigação e a Pedagogia Libertadora de Paulo Freire: Analisando Articulações Pedagógicas Possíveis, 2022.
- FREIRE, Paulo. Pedagogia do oprimido. 17ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.
- HANSON, N. R. Patterns of Discovery. Cambridge: Cambridge University Press, 1958.
- HENRIQUES, Vera B.; PRADO, Carmen P. C. e VIEIRA, André P. - Carta do Leitor - Editorial Convidado: Aprendizagem ativa. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 36, n. 4. 4001, 2014.
- MOREIRA, Marcos Antônio. Desafios no ensino de física - Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 43, suppl 1, 2021.
- SASAKI & JESUS Avaliação de uma metodologia de aprendizagem ativa em óptica geométrica através da investigação das reações dos alunos - Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 39, no 2, 2017.
- SASSERON, Lúcia H. Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e argumentação: relações entre Ciências da Natureza e escola. Revista Ensaio, v. 17, p. 49-67, 2015.
- YOUNG & FREEDMAN, SEARS & ZEMANSKY – Física II – Termodinâmica e Ondas – Editora Pearson – 14a Edição – São Paulo – SP, 2016.

APÊNDICE A - Manual do Estrobocorda

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO FEDERAL SUDESTE DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

Jonatha Tavares Gonçalves

**ESTROBOCORDA:
UM APARATO DIDÁTICO PARA O ENSINO DE ONDAS E CONCEITOS
RELACIONADOS**

Juiz de Fora
2023

Jonatha Tavares Gonçalves

**ESTROBOCORDA:
UM APARATO DIDÁTICO PARA O ENSINO DE ONDAS E CONCEITOS
RELACIONADOS**

Produto apresentado ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 24 - UFJF/IF-Sudeste-MG, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Ferreira Rizzuti
Coorientador: Prof. Dr. Bruno Gonçalves

Juiz de Fora
2023

FICHA CATALOGRÁFICA

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	63
APRESENTAÇÃO DO ESTROBOCORDA	64
CARACTERÍSTICAS DO ESTROBOCORDA	64
MONTAGEM DO ESTROBOCORDA	69
MATERIAIS	69
CIRCUITO	74
ESTRUTURA	75
APLICABILIDADE	78
FORMULÁRIO DE APLICAÇÃO	80

ESTROBOCORDA: UM APARATO DIDÁTICO PARA O ENSINO DE ONDAS E ASSUNTOS RELACIONADOS

INTRODUÇÃO

Prezado (a) Professor (a):

Este aparato experimental foi confeccionado com a finalidade de promover, de forma visual e atrativa, aulas que abordam assuntos pertinentes ao conteúdo de ondas, desenvolvendo com maior propriedade o entendimento deste fenômeno.

Este aparato é denominado Estrobocorda, por possuir, em sua estrutura, fitas de LED, capazes de produzir um efeito estroboscópico, e aparentemente uma corda, pois na verdade se trata de uma corrente, através da qual, quando perturbada, é possível observar uma onda mecânica.

É relevante manifestar que todo material utilizado na confecção deste produto é de baixo custo e de fácil acesso por vias comerciais, justamente para que sua reprodução seja viável e prática, caso algum professor possua este interesse.

Seu médio porte permite ao professor que o transporte sem muitas restrições até a sala de aula, fato este que torna possível o contato dos alunos com este aparato experimental, nos remetendo ao nobre desafio de transformar uma sala de aula em laboratório, o que para muitos destes não seria possível por restrições estruturais ou de recursos das unidades de ensino que pertencem.

O Estrobocorda pode ser aplicado em aulas de Física do Ensino Médio bem como nas aulas de cursos de graduação, quando abordados conceitos relacionados à ondas. O Estrobocorda foi construído no Laboratório de Inovação Tecnológica (LIT) do IF SUDESTE-MG, Campus Juiz de Fora e é fruto de uma pesquisa realizada no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) – polo 24 – UFJF / IF Sudeste MG. Por este motivo, seus autores devem ser citados em qualquer ato de reprodução ou de aplicação.

Por: Jonatha Tavares Gonçalves, Bruno Ferreira Rizzuti e Bruno Gonçalves

APRESENTAÇÃO DO ESTROBOCORDA

O Estrobocorda é um aparato experimental capaz de produzir fenômenos ondulatórios que visam facilitar o processo de ensino-aprendizagem, de maneira visual e atrativa. Para isso, este aparato oferece a possibilidade de produzir, em sala de aula, ondas que podem e devem ser utilizadas como ferramentas para a obtenção e constatação do conhecimento a respeito.

Através dos recursos que este produto possui, os quais serão detalhados nas próximas seções, seguem abaixo algumas funcionalidades que podem ser exploradas pelo professor:

- 01 - Manifestar ondas mecânicas com $1/2$ comprimento de onda.
- 02 - Manifestar ondas mecânicas com 1 comprimento de onda, ou seja, gerando um nó.
- 03 - Realizar efeitos variados de piscadas dos LED variando o tempo que permanecem acesos ou apagados.
- 04 - Produzir efeito estroboscópico através das fitas de LED e potenciômetros.
- 05 - Buscar o casamento de frequência da corda com a de piscadas dos LED, gerando o efeito estroboscópico.
- 06 - Visualizar ondas estacionárias.
- 07 - Abordar relação entre período e frequência.
- 08 - Verificar a relação entre comprimento da corda e de onda ($\lambda = 2L/n$).

CARACTERÍSTICAS DO ESTROBOCORDA

Inicialmente, podemos observar, através da Figura 1, que o Estrobocorda é um produto constituído por uma estrutura de madeira, na forma de uma caixa retangular, de aproximadamente 0,70m de altura, 0,28m de largura, 0,25m de profundidade e 4,8kg de massa, que possui na sua parte inferior um motor, no qual se conecta uma das extremidades de uma corda. A outra extremidade dessa corda é conectada na parte superior deste aparato.

Parte desta estrutura da caixa é composta de MDF (*Medium Density Fiberboard*), material oriundo de madeira e fabricado com resinas sintéticas, nas espessuras de 15mm para a base e plataforma e de folhas de madeira compensada, gerada por várias camadas de madeiras sobrepostas em número ímpar e em direção alternada, que unidas formam uma placa resistente, com espessuras de 4mm.

Figura 1 – Estrobocorda

Fonte: arquivo do autor

É possível observar também, na Figura 2, a existência de um regulador de tensão instalado na lateral da base do produto, através do qual o usuário tem a possibilidade de alterar a velocidade de rotação deste motor. Como ilustrado abaixo, há uma abertura circular na placa superior da base para que haja acesso para conexão da corda ao motor e que permita a livre movimentação da mesma quando perturbada.

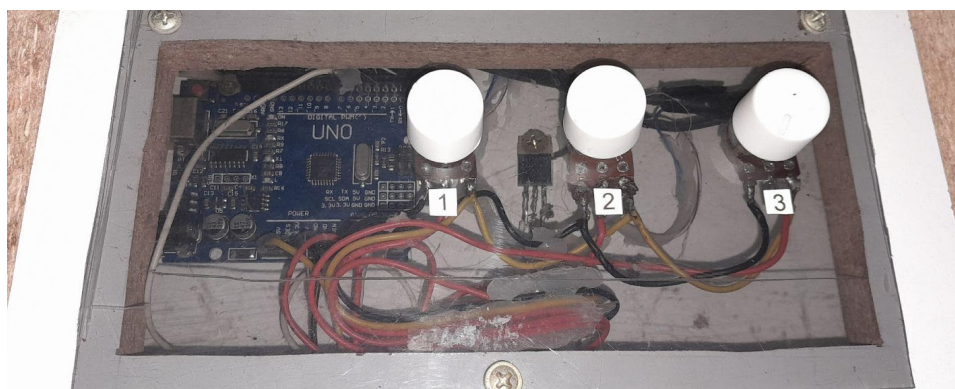
Figura 2 – Regulador de tensão, placa superior da base e motor

Fonte: arquivo do autor

Lateralmente a esta corda, conforme ilustrado na Figura 3, há também duas fitas de LED com 50cm de comprimento, que, através de uma plataforma Arduino, são comandadas por um conjunto de três potenciômetros, numerados de 1 a 3. A plataforma Arduino e o transistor

(necessário ao circuito) são fixados na placa suporte do arduino e os potenciômetros na placa de acrílico parcialmente transparente, ambos localizados na base do Estrobocorda. O potenciômetro 1 permite ao usuário alterar o tempo que as fitas de LED permanecem acesas, através do potenciômetro 2 é possível alterar a intensidade de luminosidade das fitas de LED e por intermédio do potenciômetro 3 o usuário tem a possibilidade de alterar o tempo que as fitas permanecem apagadas. Para título de informação, embora ambos potenciômetros possuam limites mínimos e máximos, os efeitos produzidos se mantêm relevantes em relação à finalidade desse aparato.

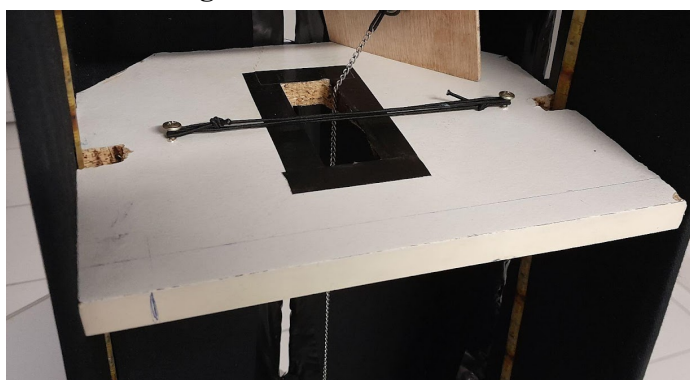
Figura 3 – Potenciômetros, transistor e Arduino



Fonte: arquivo do autor

Na parte superior do Estrobocorda há uma plataforma móvel, vide Figura 4, onde uma das extremidades da corda é fixada, que pode ser deslocada para cima ou para baixo, desde que as três porcas (borboletas) estejam frouxas, podendo alterar assim o comprimento da corda. Cabe ressaltar que para o funcionamento adequado do Estrobocorda, as referidas porcas devem estar apertadas, logo após definir a nova posição da plataforma em questão. Observe que na plataforma móvel há também chanfros que permitem sua movimentação sem entrar em contato com as fitas de LED que estão coladas.

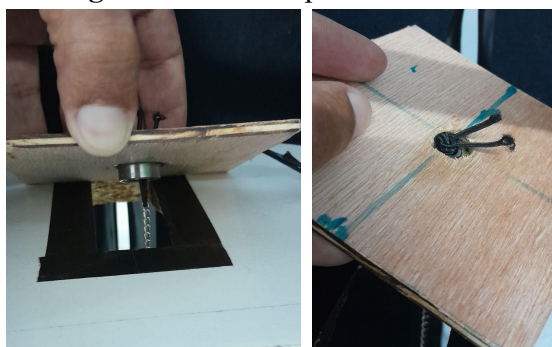
Figura 4 – Plataforma móvel



Fonte: arquivo do autor

Em contato com esta plataforma móvel há também uma placa de madeira compensada quadrada com 100mm de lateral e 4mm de espessura, denominada placa suporte da corda, ilustrada na Figura 5, onde está fixado um rolamento com liberdade de giro somente no anel interno, exatamente onde uma das extremidades da corda é conectada. Esta conexão é feita através de um elástico de 2mm de espessura e 80mm de comprimento semelhante ao existente na outra extremidade da corda, os quais têm a finalidade estabilizar o movimento realizado pela corda por ocasião da perturbação promovida pelo motor. Além disso, para melhor atender aos objetivos deste produto, salientamos que neste fizemos uso de uma corrente metálica de bijuteria, por sua flexibilidade, baixo peso e capacidade de reflexão.

Figura 5 – Placa suporte da corda



Fonte: arquivo do autor

Zelando pela vida útil do Estrobocorda, segue juntamente com este aparato experimental uma capa de pano que tem como principais objetivos proteção e estética quanto ao seu armazenamento e transporte. Vide figura 6.

Figura 6 – Capa Protetora



Fonte: arquivo do autor

É importante dizer que embora haja somente uma tomada para que o Estrobocorda seja alimentado, o funcionamento do motor, bem como o uso do seu regulador de tensão, não existe qualquer influência ou relação com o funcionamento do circuito formado pelas fitas de LED, potenciômetros e Arduino. Por fim, destacamos que Estrobocorda deve ser conectado a uma tomada de 110V, para que não ocorra danos ao mesmo.

Antes de ligar o Estrobocorda, certifique se a fonte de energia elétrica é de aproximadamente 110V, pelo motivo citado acima, e se o regulador de tensão se encontra no mínimo, para evitar sustos, por parte do usuário, quando realizar a conexão. Além disso, remova a capa de proteção ou desloque-a para uma posição que não comprometa a visualização e/ou funcionamento do produto.

Como pode ser observado na Figura 7, ao ligar este aparato, devido à existência da placa de acrílico parcialmente transparente, localizada na parte frontal da base deste produto, é possível visualizar os LEDs vermelhos do Arduino acesos indicando que o Estrobocorda está energizado e pronto para uso.

Figura 7 – LED vermelhos do arduino ligados



Fonte: arquivo do autor

MONTAGEM DO ESTROBOCORDA

Materiais

Os materiais necessários para a montagem deste produto encontram-se listados na Tabela

1:

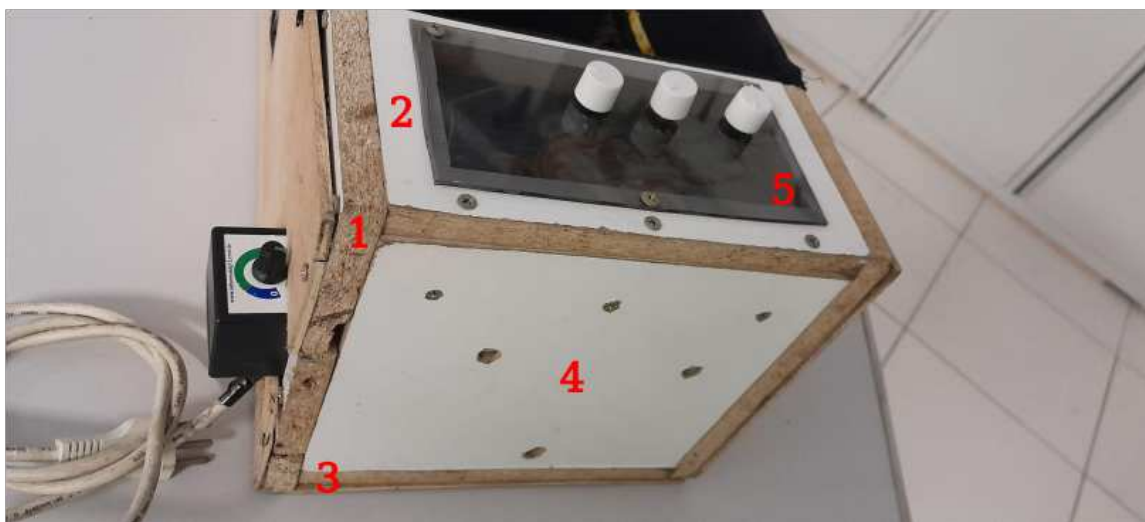
Estrutura da Base (vide Tabela 1):

Tabela 1 - Lista de componentes da base do Estrobocorda

Legenda	Componente	Qtd
1	Placas Laterais da Base (MDF)	2
2	Placa da frente da base (MDF)	1
3	Placa de trás da base (MDF)	1
4	Placa de fundo da base (MDF)	1
Fig. 3	Placa suporte do arduino (MDF)	1
5	Placa de acrílico parcialmente transparente	1
Fig. 2	Placa superior da base (MDF)	1

A legenda referente a cada componente listado, conforme Tabela 1, encontra-se na Figura 8:

Figura 8 – Base do Estrobocorda



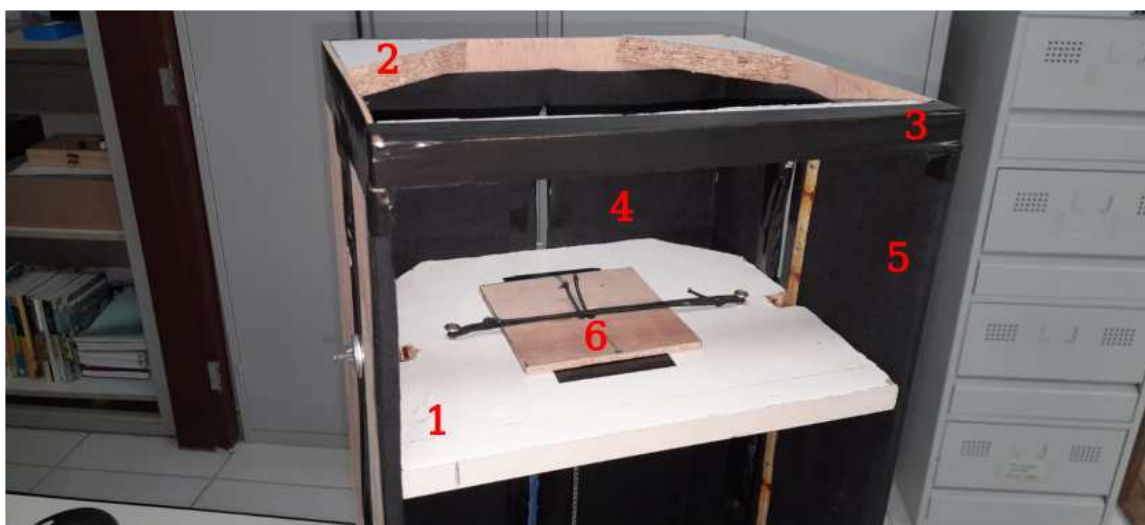
Estrutura da cabine (vide Tabela 2):

Tabela 2 - Lista de componentes da cabine do Estrobocorda

Legenda	Componente	Qtd
1	Plataforma móvel (MDF)	1
2	Placa triangular de sustentação (MDF)	2
3	Tira de sustentação (MDF)	1
4	Placa de trás da cabine (Madeira Compensada)	1
5	Placa lateral da cabine (Madeira Compensada)	2
6	Placa suporte da corda (Madeira Compensada)	1

A legenda referente a cada componente listado, conforme Tabela 2, encontra-se na Figura 9:

Figura 9 – Parte superior do Estrobocorda



Fonte: arquivo do autor

Insumos (vide Tabela 3):

Tabela 3 - Lista de insumos necessários

Legenda	Componente	Qtd
1	Pano Preto Fosco de Algodão (2,0m x 1,80m)	1
2	Cabos multicoloridos com jumper de 0,2mm ² (20cm)	20

3	Corrente metálica (bijuteria)	1
4	Bastão de cola quente	4
5	Rolo de estanho fino	1
6	tubo de cola adesiva	1
7	Rolamento pequeno de roletes	1
8	Fita adesiva isolante	1
9	Fita de LED 12V (50cm)	2
10	Elástico	2
11	Parafusos escareados para madeira (3,5x35mm e 3,5x15mm)	20
12	Porca com garras D 4,0	3
13	Estojo 5,0 x 20 mm	3
14	Porca do tipo borboleta D 4,0	3
15	Porca D4	3
16	Arruela	3
17	Parafuso 5,0 x 100mm	3
18	Fonte (arduino)	1
Fig. 6	Tira de Velcro (4x50cm)	2
Fig. 3	Arduíno Uno	1
Fig. 3	Transistor (PNP)	1
Fig. 3	Potenciômetros (10k)	3
Fig. 2	Motor (Ventilador de interior de geladeira)	1
Fig. 2	Regulador de Tensão (110V)	1

A legenda referente a cada componente listado, conforme Tabela 3, encontra-se na Figura 10:

Figura 10 – Lista de insumos



Fonte: arquivo do autor

Ferramental:

Tabela 4 - Lista de ferramental

Legenda	Componente	Qtd
1	Multímetro	1
2	Chave de fenda 1/4	1
3	Chave Phillips 1/4	1
4	Ferro de solda	1
5	Tesoura	1
6	Pincel 3/4	1
7	Estilete	1

8	Furadeira com brocas (3, 5 e 8 mm) para madeira	1
9	Parafusadeira	1
10	Pistola para cola quente	1
11	Serrote	1
12	Lápis ou caneta	1
13	Lima	1
14	Alicate de Corte	1
15	Alicate Universal	1

A legenda referente a cada ferramenta, conforme Tabela 4, encontra-se na Figura 11:

Figura 11 – Ferramental



Fonte: arquivo do autor

Montagem do Circuito

- Conectar o regulador de tensão no motor;
- Parafusar os fios da fonte no conector de alimentação do Arduino, se a fonte não possuir o plug adequado (plug P4);
- Conectar o fio do motor;
- Soldar uma das extremidades dos fios com jumpers em todos os contatos dos potenciômetros (vide Figura 13);
- Verificar se os comprimentos dos fios são suficientes para conectar os potenciômetros e que estes terão liberdade para serem fixados na placa de acrílico posteriormente;
- Soldar uma das extremidades dos fios com jumpers em todos os contatos do transistor (PNP) (vide Figura 13);
- Soldar uma das extremidades dos fios com jumpers em todos os contatos das fitas de LED, verificando se os comprimentos dos fios são suficientes para conectá-las ao Arduino e à fonte (vide Figura 13);
- Programar o Arduino com o código descrito na Figura 12:

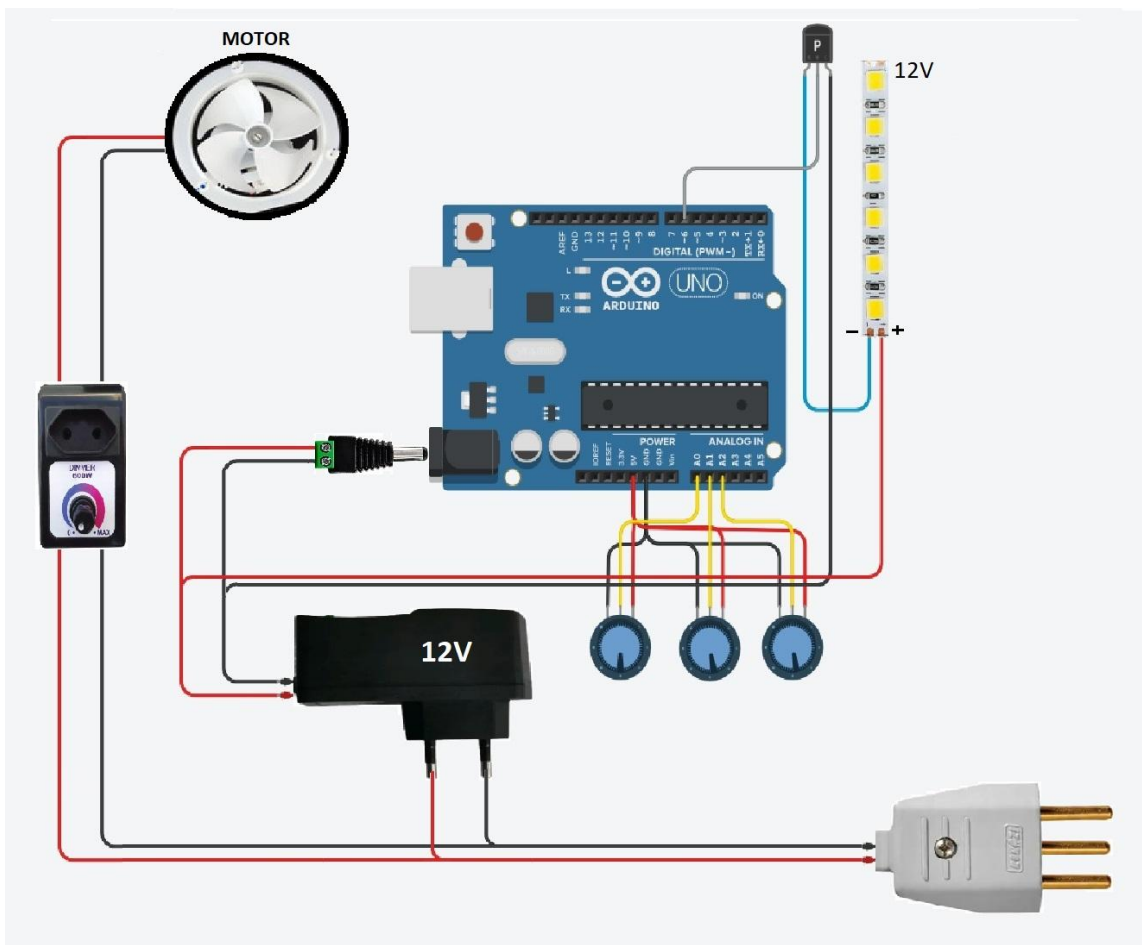
Figura 12 – Código

```
1 //PROJETO ESTROBOCORDA
2
3
4 #define LED1 6
5
6
7 int tempo1;
8 int tempo2;
9
10 int P1 = 0;
11 int pot1 = 0;
12
13 void setup() {
14
15   pinMode(LED1, OUTPUT);
16
17   pinMode(A0, INPUT);
18   pinMode(A1, INPUT);
19   pinMode(A2, INPUT);
20 }
21
22 void loop() {
23
24   pot1 = analogRead(A0);
25
26   P1 = map(pot1, 0, 1023, 0, 255);
27
28   tempo1 = analogRead(A1);
29   tempo2 = analogRead(A2);
30
31
32   digitalWrite(LED1, P1);
33   delay(tempo1);
34
35   digitalWrite(LED1, LOW);
36   delay(tempo2);
37 }
38
```

Fonte: Imagem retirada do Tinker Cad com a programação gerada pelo autor

- Conectar os potenciômetros ao Arduino (vide Figura 13);
- Conectar as fitas de LED no arduino (vide Figura 13);
- Conectar o transistor no arduino (vide Figura 13);
- Conectar a fonte 12V no arduino (vide Figura 13); e
- Aplicar cola quente nas conexões, transistor e fios para fixação.

Figura 13 – Circuito



Fonte: Imagem gerada pelo autor com partes retiradas do Tinker Cad

Montagem da Estrutura

- Fixar o motor na placa do fundo da base, tangenciando a aresta voltada para a retaguarda;
- Fixar o Arduino na placa divisória;
- Fixar a placa divisória na placa de fundo;
- Realizar os cortes para instalação do regulador de tensão em uma das placas laterais da base;

- Realizar corte para passagem do fio de alimentação na placa de trás da base;
- Realizar furo para acesso à entrada de rede do arduino na placa de trás da base;
- Fixar as placas laterais da base, instalando o regulador de tensão;
- Fixar a placa de trás da base, permitindo a passagem do fio de alimentação;
- Realizar o corte para visualização do circuito eletrônico na placa da frente da base;
- Fixar a placa da frente da base;
- Cortar a placa de acrílico em dimensão suficiente para sua fixação na placa da frente da base;
- Furar a tela de acrílico para fixação dos potenciômetros, em posições equidistantes;
- Furar a tela de acrílico para sua fixação na placa da frente da base;
- Fixar os potenciômetros na tela de acrílico;
- Fixar a tela de acrílico na placa da frente da base;
- Encaixar os botões de acabamento dos potenciômetros;
- Realizar o furo na placa da tampa da base para acesso e fixação de uma das extremidades da corda na hélice do motor e passagem dos fios para conexão das fitas de LED;
- Fixar a placa da tampa da base, permitindo a passagem dos fios para conexão das fitas de LED;
- Realizar o corte nas placas laterais e de trás do produto, para deslocamento de ajuste da plataforma;
- Colar o pano preto na superfície voltada para a parte interna do produto;
- Fixar as placas laterais e de trás do produto na base;
- Colar as placas triangulares para fixação entre as placas laterais e de trás do produto;
- Colar a tira suporte;
- Realizar os chanfros na plataforma;
- Fixar as porcas com garras, atarraxar e colar os estojos na plataforma;
- Verificar encaixe da plataforma no produto e fazer ajustes, caso seja necessário;
- Furar a base superior ao centro com broca 8mm;
- Colar a parte externa do rolamento no centro da base superior, permitindo o movimento da parte interna do rolamento;
- Posicionar a base superior sobrepondo-a no corte existente no centro da plataforma;
- Utilizando um pedaço pequeno de elástico para cada extremidade, fixar uma delas na hélice do motor e a outra na parte interna do rolamento localizado na base superior;
- Colar as fitas de LED nas placas laterais do produto, alinhadas ao entalhe existente na plataforma;
- Soldar os fios de saída do arduino nas fitas de LED, encapar as conexões com fita adesiva isolante e acomodá-los com cola quente e abaixo do pano;

- Utilizar as duas tiras de velcro o pano preto na confecção da capa protetora para as seguintes dimensões: altura: 70cm, largura: 28cm, profundidade: 23cm e alça: 4x28cm; e
- Verificar sua aplicação no produto.

APLICABILIDADE DO PRODUTO EDUCACIONAL

A aplicação deste produto pode ser entendida como um desafio curioso e estimulante de modo a obter resultados significativos através da criatividade do professor e engajamento dos alunos nas atividades propostas. Nesta seção, manifestaremos uma sugestão para aplicação do Estrobocorda e ressaltamos que se trata de uma metodologia que fora aplicada em algumas turmas de graduação e que este fato não restringe ou impede que o professor possa inovar, melhorar ou simplesmente fazer de outra forma que achar por bem realizar, buscando êxito na obtenção do conhecimento acerca do conteúdo de ondas.

Escolhemos fazer uso de uma metodologia investigativa, chamada POE (iniciais para Predizer, Observar e Explicar), onde o conhecimento é desenvolvido através das seguintes etapas: predizer, observar e explicar. Dentro desta perspectiva, a proposta de aplicação se resume em utilizar este aparato como ferramenta neste processo, de forma dinâmica e descontraída, porém com significativa produtividade de conhecimento.

Para isso, inicialmente a turma deve ser dividida em pequenos grupos e os alunos devem se sentir à vontade para manifestarem suas opiniões nos momentos destinados a esta finalidade. Portanto é de suma importância que os alunos entendam e sigam as etapas para que os objetivos da aula sejam alcançados.

Antes de apresentar o Estrobocorda, como introdução, algumas imagens de vários tipos de ondas são distribuídas para que os alunos manifestem que conteúdo de física elas podem estar relacionadas. Após estas manifestações, o professor deve realizar uma breve explanação a respeito dos tipos de classificação de ondas para que relembrem destes conceitos básicos.

Logo após, uma sucinta apresentação do Estrobocorda deve ser realizada pelo professor, com a finalidade de que alunos tenham ciência dos recursos oferecidos pelo aparato experimental, sem que o produto esteja em funcionamento.

A partir deste momento, deverá ser entregue um formulário para cada aluno, com duas atividades, sendo que a primeira possui duas questões. Tais atividades são dispostas abaixo, ao fim desta seção. Antes da realização das atividades, o professor deve informar aos alunos que, para a realização de cada questão, ocorrerão três etapas: predizer, observar e explicar. Nesta

primeira etapa, deve ser solicitado aos alunos que respondam individualmente prevendo o que acontecerá nas situações descritas nas questões, anotando suas hipóteses no espaço pré-determinado em seus formulários. Cabe ressaltar, que o professor deve disponibilizar tempo suficiente para que os alunos não se sintam pressionados e que isso faça-os acreditar que não conseguirão finalizar suas hipóteses em tempo hábil.

Pode ser realizada 1ª etapa em grupo

Após o término do registro das predições, fazendo uso do Estrobocorda, a segunda etapa deve ser realizada manifestando a situação descrita na questão, permitindo ao aluno confrontar suas hipóteses com suas observações. Nesta etapa, um adequado intervalo de tempo é de suma importância para que o aluno possa organizar suas concepções ou definir suas dúvidas de maneira pontual, sendo permitido a troca de informação entre os alunos.

Assim, a terceira etapa se inicia com uma abordagem focada na construção do conhecimento, através de manifestações do maior número possível de alunos, onde o aluno deve apresentar se suas predições foram constatadas ou refutadas, evidenciando suas conclusões atualizadas. O professor deve procurar neste momento realizar o mínimo de comentários e de preferência nenhuma explicação, permitindo que os alunos tentem responder as questões uns dos outros ou as próprias, restando ao professor manifestar o sucesso no desenvolvimento da atividade, com a finalidade de promover confiança e entusiasmo para a realização das próximas questões.

Após finalizar a última questão, o professor deve realizar um breve resumo das concepções abordadas, valorizando as opiniões e palavras dos alunos, consolidando o conteúdo proposto da aula e informando se o processo investigativo foi realizado com sucesso ou não, bem como os fatores, contribuintes para o referido resultado, mais relevantes observados durante as atividades.

Portanto, a participação dos alunos, a organização do professor e o comprometimento de ambos são preponderantemente necessários para o êxito destas atividades. Além disso, é importante dizer que há uma positiva e relevante expectativa, por parte desses autores, de que o Estrobocorda, através dos recursos que oferece, somado à criatividade do professor tenda a uma combinação de sucesso, pautado em um ensino descontraído, dinâmico e de significativa qualidade.

Nome completo: _____

Data: ____/____/____

Turma: _____

Número de matrícula: _____

Atividade 1

1) Que efeito seria produzido pelas fitas de LED se o potenciômetro que regula o tempo **apagado** dos LED estivesse posicionado no mínimo? E no máximo?

2) Que efeito seria produzido pelas fitas de LED se o potenciômetro que regula o tempo **aceso** dos LED estivesse posicionado no mínimo? E no máximo?
