



**Universidade Federal de Uberlândia  
Instituto de Física  
Curso de Física – grau Licenciatura**

**Camila Carolina Calixto Oliveira Costa**

**UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DO EFEITO  
DOPPLER A PARTIR DA LEITURA DE MUNDO DOS DISCENTES**

**UBERLÂNDIA-MG  
2020**

**Camila Carolina Calixto Oliveira Costa**

**UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DO EFEITO  
DOPPLER A PARTIR DA LEITURA DE MUNDO DOS DISCENTES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Física – grau Licenciatura da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito para conclusão do curso.

Orientador(a): Ricardo Kagimura

**UBERLÂNDIA-MG  
2020**

**Camila Carolina Calixto Oliveira Costa**

**UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DO EFEITO  
DOPPLER A PARTIR DA LEITURA DE MUNDO DOS DISCENTES**

Trabalho de Conclusão de Curso enviado para  
aprovação para o curso de graduação de Física –  
grau Licenciatura da Universidade Federal de  
Uberlândia.

Uberlândia, 17 de Dezembro de 2020.

Banca examinadora:

---

Ricardo Kagimura – INFIS/UFU

---

José Roberto Tozoni– INFIS/UFU

---

Laís Bássame Rodrigues– FAMAT/UFU

## **DEDICATÓRIA**

A minha mãe Eleusa Calixto Oliveira.  
(in memorian)

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por minha vida, família e amigos e, especialmente, por iluminar, proteger e guiar a minha jornada acadêmica.

A minha Família, em especial, a minha mãe Neusa, pelo amor, cuidado e alegria; a meus Irmãos: Crislane, Gabriel e Diego e a meu namorado Vanbasten, por estarem juntos comigo em todos os momentos difíceis e felizes que passei ao longo da minha Jornada.

A meus amigos, em especial, Eleicimar, Monique e Juliana, pelos momentos alegres e tristes durante o curso.

Ao professor Ademir Cavalheiro, por me proporcionar a participação como Bolsista do Pibid, ajudando em minha formação acadêmica e docente.

Aos integrantes do Núcleo de Tecnologias Cognitivas – Nutec, em especial ao Professor Eduardo e Dayane, pelos momentos de debates e ensinamentos.

Ao Professor Ricardo Kagimura, pelas orientações e confiança.

Aos professores do Instituto de Física, que colaboram com minha formação.

## RESUMO

No presente trabalho é discutida uma sequência didática que leva em conta as concepções prévias e leitura de mundo dos estudantes no processo de ensino-aprendizagem, onde conceitos fundamentais relativos a ondas sonoras e efeito Doppler foram abordados. O estudo, realizado em uma turma de segundo ano do Ensino Médio de uma escola pública, consistiu de duas etapas: aplicação de questionários para o mapeamento das concepções iniciais dos estudantes e, em seguida, aplicação da sequência didática proposta. Os resultados indicam que sequências didáticas elaboradas a partir da leitura do mundo dos estudantes podem levar aulas mais dinâmicas focadas nos saberes dos estudantes.

.

**Palavras-chave:** Sequência didática, Concepções Alternativas, Efeito Doppler.

## **ABSTRACT**

This work discusses a didactic sequence that takes into account students' previous conceptions and world reading in the teaching-learning process, where fundamental concepts related to sound waves and the Doppler effect were addressed. The study, carried out in a second year high school class at a public school, consisted of two stages: application of questionnaires to map the students' initial conceptions and, then, application of the proposed didactic sequence. The results indicate that didactic sequences elaborated from the reading of the students' world can take more dynamic classes focused on the students' knowledge.

**Keywords:** Didactic sequence, Alternative Conceptions, Doppler Effect.

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 – Pulso em uma Corda.

Figura 2- Onda transversal.

Figura 3 - Onda longitudinal.

Figura 4 - Elementos da onda.

Figura 5 – Representação de uma onda sonora senoidal.

Figura 6 – Valores de velocidade do som em alguns meios.

Figura 7 - Espectro sonoro.

Figura 8 - Representação do efeito Doppler.

Figura 9 - Ilustração da frequência caracterizada como a de um som grave.

Figura 10 - Ilustração da frequência caracterizada um som agudo.

Figura 11 - Representação de um ruído.

Figura 12 - Representação da sala estruturada em círculo.

Figura 13 - Representação de ondas com amplitudes distintas.

Figura 14 - Aplicativo Audio Frequency Counter.

Figura 15 - Aplicativo Spectroid.

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Concepções prévias sobre o som.

Quadro 2 - Concepções prévias sobre o ruído.

Quadro 3 - Concepções prévias sobre o som alto e som baixo.

Quadro 4 - Concepções prévias sobre o som grave e som agudo.

Quadro 5 - Mapeamento das hipóteses.

Quadro 6 - Mapeamento das respostas da questão 1.

Quadro 7- Mapeamento das respostas da questão 2.

Quadro 8 - Mapeamento das hipóteses.

## SUMÁRIO

|       |                                                             |    |
|-------|-------------------------------------------------------------|----|
| 1     | INTRODUÇÃO.....                                             | 13 |
| 2     | REFERENCIAL TEÓRICO.....                                    | 15 |
| 2.1   | Concepções Prévias e Leitura de Mundo dos Discentes .....   | 15 |
| 2.2   | Ensino Investigativo .....                                  | 16 |
| 2.2.1 | Atividades Investigativas .....                             | 18 |
|       | Demonstrações Investigativas .....                          | 18 |
|       | Laboratório Aberto .....                                    | 19 |
|       | Questões Abertas .....                                      | 19 |
|       | Problemas Abertos .....                                     | 19 |
| 2.3   | A Física do Efeito Doppler.....                             | 20 |
| 2.3.1 | Propriedades básicas das ondas .....                        | 20 |
| 2.3.2 | Ondas sonoras.....                                          | 22 |
| 2.2.3 | Efeito Doppler .....                                        | 24 |
| 3     | METODOLOGIA .....                                           | 26 |
| 4     | ANÁLISE E DISCUSSÃO DA APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA..... | 27 |
| 4.1.  | Primeira Aula .....                                         | 27 |
| 4.2   | Segunda Aula .....                                          | 32 |
| 4.3   | Terceira Aula .....                                         | 33 |
| 4.4   | Quarta Aula .....                                           | 36 |
| 4.5   | Quinta Aula .....                                           | 38 |
| 4.6   | Sexta Aula .....                                            | 39 |
| 5     | CONSIDERAÇÕES FINAIS .....                                  | 41 |
|       | REFERÊNCIAS .....                                           | 42 |
|       | ANEXOS.....                                                 | 44 |

## 1 INTRODUÇÃO

Diversos conceitos e definições ligados aos conteúdos de Física do Ensino Médio podem ser relacionados a fenômenos que estão presentes no cotidiano do estudante, porém é conhecido que muitos discentes apresentam dificuldades em compreender ou relacionar conceitos ensinados e fenômenos do cotidiano. Dessa forma, muitos estudantes acabam indo pelo caminho da memorização das definições, indicando uma não compreensão efetiva dos conteúdos. Uma possível causa dessa dificuldade é a apresentação pelos docentes dos conteúdos sem levar em conta os conhecimentos prévios dos estudantes, ou ministrar os conteúdos sem a devida contextualização. Assim, cabe ao docente a responsabilidade de levar práticas de ensino-aprendizagem que estimulem e instiguem os estudantes a contextualizarem os conceitos de Física à suas realidades de tal modo que os conteúdos da sala de aula façam sentido para o discente.

Ademais, o interesse da autora desse trabalho pelo tema vem desde 2011, quando ainda cursava o 2º ano do Ensino Médio. A autora recorda que, durante o seu Ensino Médio, os conceitos e definições dos fenômenos físicos eram abordados de forma tradicional, onde o professor é considerado o “detentor” do conhecimento e o “deposita” nos estudantes passivos, desencadeando uma possível dificuldade nos estudantes em relacionar conceitos com situações presentes no dia a dia. A mesma lembra ainda que houve uma mudança metodológica por parte do docente, através de uma alteração na construção do conhecimento e inserção de trabalhos de pesquisa individual/grupos, que promoveu atitudes ativas, fazendo com que os discentes fossem capazes de compreender/relacionar os conceitos com as situações do cotidiano.

A leitura de mundo do discente é importante no processo de ensino-aprendizagem. De fato, conforme escreve Freire (1994), a leitura de mundo vem antes da leitura da palavra, pois antes de saber ler, o ser humano desenvolveu relações entre objetos e sua utilização, produzindo assim um conhecimento primeiramente dos objetos e dos fatos. O autor complementa que conhecer a leitura de mundo e conhecer a realidade cultural e social do estudante é imprescindível, pois revela os saberes socialmente construídos na prática, e a partir de tais saberes podemos ir além dela.

Segundo Paulo Freire (1996), respeitar a leitura de mundo do estudante, não significa concordar com o discente, porém é uma forma de estabelecer uma conexão entre sua leitura do mundo e os conhecimentos cientificamente aceitos, possibilitando um maior interesse dos estudantes nos conteúdos. Nesse sentido, é importante elaborar metodologias que levem em conta as ideias dos estudantes, sejam elas baseadas ou não no senso comum, e a partir disso buscar trabalhar os conceitos físicos, contribuindo assim para uma aprendizagem efetiva e que faça sentido ao estudante.

Pelos motivos apresentados, esta pesquisa procura investigar os conceitos prévios dos estudantes e, através das interações discente/discente e professor/discente, promover uma aprendizagem ativa e efetiva com a superação de possíveis concepções alternativas. Para isso, deve-se investigar e acompanhar a evolução da aprendizagem dos estudantes, verificar concepções alternativas, conhecimentos baseados no senso comum e na vivência dos estudantes e, a partir dessa leitura de mundo do discente, levar os conhecimentos e conceitos acerca do Efeito Doppler.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Geralmente, muitos estudantes preocupam-se somente em memorizar equações e resolver problemas pelo método de tentativa e erro, não se preocupando com a parte conceitual e sua relação com o cotidiano. Ademais, livros didáticos e docentes também incentivam essa prática (Moreira, 2020). Dessa forma, seguindo em um caminho distinto, o enfoque desse trabalho será nos conceitos de física e sua relação com o contexto do estudante, onde equações e resolução de problemas ficarão para um segundo momento. O referencial teórico seguirá nessa linha e a seguir, serão apresentados três temas gerais: Concepções Prévias e Leituras de Mundo dos Discentes, Ensino Investigativo e A Física do Efeito Doppler.

### 2.1 Concepções Prévias e Leitura de Mundo dos Discentes

Uma breve pesquisa por artigos relacionados à área de ensino revela que várias terminologias são usadas para denominar os saberes dos estudantes, tais como: conceitos intuitivos (DRIVER, 1986), ideias prévias (GIL PEREZ, 1986; DRIVER, 1988), ideias ingênuas (FREIRE, 1996) e concepções alternativas (Santos, 1998). Norteado pelos pensamentos de Santos (1998), nesse estudo utilizou-se a terminologia “concepções alternativas”.

As concepções alternativas são experiências pessoais construídas pelos discentes ao longo da interação social (FREIRE, 1996), que possuem coerência do ponto de vista do estudante, mesmo não sendo um conhecimento cientificamente aceito (CAVALCANTE; ROMEU, 2020).

Segundo Cavellucci (2010 *apud* KRAUSE; SCHEID, 2018), os elementos básicos que caracterizam as concepções alternativas são:

1. Natureza pessoal; 2. Natureza Estruturada; 3. Coerência interna; 4. Esquemas mutuamente inconsistentes; 5. Esquemas baseados em modelos históricos da ciência já ultrapassados; 6. Esquemas resistentes a mudança e persistentes.

Para Silva e Núñez (2007 *apud* KRAUSE; SCHEID, 2018), as concepções alternativas são incoerentes com o conhecimento científico, e procuram responder às demandas internas

individuais, mais do que à verdade (CAVALCANTE; ROMEU, 2020). Neste sentido, o professor precisa refletir sobre sua prática docente. Especificamente, Candau (2008) defende que o professor tem que se reorganizar através das experiências sociais e tentar transmitir sua didática, levando em conta a leitura de mundo dos estudantes, buscando assim criar uma intimidade entre saberes curriculares e experiência social (Freire, 1996).

Segundo Freire (1996), respeitar a “leitura de mundo” e as “experiências sociais” que o discente carrega, serve como um ponto de partida para a compreensão do papel da curiosidade, como um dos impulsos fundantes de produção do conhecimento. Assim, podemos utilizar tais experiências para estabelecer uma conexão entre os saberes curriculares.

Dessa forma, Freire (1996) aponta que é função da escola, como centro de conhecimento trabalhar a curiosidade do educando em vez de “amaciá-la” ou “domesticá-la”. Da mesma forma, é preciso que o estudante deixe de receber um conhecimento pronto e assuma o papel de sujeito da produção do conhecimento.

A utilização de informações que os discentes têm é um fator que influencia na aprendizagem (AUSUBEL, 1978). Porém, na maioria das vezes as informações mostram-se incoerentes, neste momento é necessário substituir ou reorganizar suas informações, permitindo uma compreensão alinhada aos conhecimentos cientificamente aceitos (GATTI, 2005). Cunha (1999) aponta que não é fácil a ruptura dessas concepções, ao afirmar que:

A mudança conceitual raramente envolve um abandono completo de uma noção a favor de outra. Do contrario, com frequência envolve adição de novas noções, retenção de noções existentes e aquisição sem sentido do contexto no qual a nova noção é mais apropriada (CUNHA, 1999, p.87)

Conforme Posner et al. (1982) para que ocorra uma mudança conceitual, são necessárias quatro condições:

- I) Insatisfação com as concepções existentes;
- II) A nova concepção deve ser inteligível, ou seja, deve ser compreensível;
- III) A nova concepção deve parecer inicialmente plausível;
- IV) Possibilidade de um programa de investigação.

Pereira (2010) defende a utilização de metodologia investigativa para desenvolver a compreensão de conceitos, levando o estudante a participar do processo de aprendizagem, traçando os degraus do familiar para o novo (GATTI, 2005).

## **2.2 Ensino Investigativo**

Tornar o ensino de ciências mais atrativo para os estudantes, não é uma tarefa fácil. Uma possibilidade para torná-la mais atrativa, segundo Krasilchik (1987), está no uso de

laboratórios, que permite uma melhora no ensino de ciências e promove ações de investigação coletiva ou individual. No entanto, muitas escolas não possuem espaços adequados. Em outros casos possuem espaço, mas não há uma manutenção eficaz dos equipamentos, limitando as possibilidades do trabalho dos docentes.

Por outro lado, para Azevedo (2006), as atividades experimentais não necessariamente precisam de um laboratório estruturado para serem realizadas. Em direção divergente, Pereira (2010) relata que ter um espaço físico organizado possibilita que os estudantes percorram das concepções prévias as científicas. Baseado nas ideias de Azevedo (2006), utilizaremos o espaço físico da sala de aula, para promover as atividades investigativas.

As ações dos discentes frente às atividades investigativas devem superar a passividade, pois tais atividades são fundamentadas nas ações dos estudantes (AZEVEDO, 2006). A utilização das atividades investigativas atualmente visa o desenvolvimento de habilidades cognitivas, especialmente da capacidade de argumentação (LABURÚ; ZÔMPERO, 2011).

Gil e Castro (1996) relatam alguns aspectos importantes que podem ser explorados numa atividade investigativa:

1. Apresentar situações problemáticas abertas;
2. Favorecer a reflexão dos estudantes sobre a relevância e o possível interesse das situações propostas;
3. Potencializar análises qualitativas, significativas, que ajudem a compreender e acatar as situações planejadas e a formular perguntas operativas sobre o que se busca;
4. Considerar a elaboração de hipóteses como atividade central de investigação científica, sendo este processo capaz de orientar o tratamento das situações e de fazer explícitas as pré-concepções dos estudantes;
5. Considerar as análises, com atenção para os resultados (sua interpretação física, confiabilidade, etc.), a partir dos conhecimentos disponíveis, das hipóteses manejadas e dos resultados das demais equipes de estudantes;
6. Conceder uma importância especial a memórias científicas que reflitam o trabalho realizado e possam ressaltar o papel da comunicação e do debate na atividade científica;
7. Ressaltar a dimensão coletiva do trabalho científico, por intermédio de grupos de trabalho, que interajam entre si.

Deve ficar evidente a mudança de atitude que o ensino por investigação proporciona tanto para o estudante como para o docente (Azevedo, 2006). É importante destacar aqui a nova postura do professor frente a esta metodologia, na qual o papel do professor deixa de ser

apenas um expositor do conhecimento e passa a promover discussões, provocações, propondo novas questões e ajudar os estudantes a manterem coerência de suas ideias (Duschul, 1998 apud Azevedo, 2006).

O uso de atividades experimentais como destaca os autores Barbosa, Paulo e Rinaldi (1999), proporciona uma mudança conceitual mais eficiente, comparado ao ensino tradicional.

Outro ponto importante a se citar, são os laboratórios tradicionais, onde a finalidade é apenas de demonstração e comprovação de teorias (Azevedo, 2006), onde as ações de manipulação dos experimentos são centradas no professor (Araújo; Abib, 2003). Ainda segundo Borges (2002) a utilização de experimentos para fins de comprovação de leis é enganosa, pois o sucesso da atividade é garantido de antemão com a sua preparação adequada.

Por fim, autores Zômpero e Laburú (2011), destacam que a atividade de investigação permite não somente a aprendizagem conceitual, mas também permite o desenvolvimento da aprendizagem procedimental que envolve a construção do conhecimento científico.

### **2.2.1 Atividades Investigativas**

De acordo com Carvalho (2014) e Azevedo (2006) existem quatro possibilidades de se trabalhar com atividades investigativas, sendo elas: Demonstrações Investigativas, Laboratório Aberto, Questões Abertas e Problemas Abertos. A seguir descreveremos um pouco sobre elas:

#### **Demonstrações Investigativas**

Segundo os autores, Carvalho (2014) e Azevedo (2006), as demonstrações investigativas são problemas experimentais em que a ação é realizada pelo professor, com o objetivo de ilustrar um fenômeno ou uma teoria. Segundo Azevedo (2006), as demonstrações surgem através de um problema proposto pelo professor, onde procura “detectar” o tipo de pensamento, seja intuitivo ou de senso comum.

As demonstrações podem ser caracterizadas como investigativa, quando se envolve o estudante no processo de elaboração de hipóteses, discussão das análises e resultados obtidos, ou seja, quando ele se envolve nos trabalhos experimentais (Lewin e Lomascólo, 1998 apud Azevedo, 2006).

## **Laboratório Aberto**

Nesta atividade se propõe uma investigação experimental para a solução de uma questão, que será respondida por uma experiência. A solução pode ser dividida em seis momentos: Proposta do problema (formulação de uma pergunta não muito específica, capaz de estimular a curiosidade científica dos estudantes e gerar uma ampla discussão); levantamento de hipóteses (por parte dos estudantes e sob a orientação do professor); elaboração de plano de trabalho (decisão sobre a maneira de como a experiência será realizada); montagem do arranjo experimental e coleta de dados (construção de gráficos e teste das hipóteses) e conclusão (formulação de uma resposta ao problema inicial discutindo a validade das hipóteses iniciais).

## **Questões Abertas**

Essa abordagem propõe aos estudantes problemas relacionados ao seu dia a dia, e tais problemas devem estar ligados a um conceito já discutido e construído em aulas anteriores. Segundo Carvalho (2014), nesses problemas o professor deverá buscar apresentar situações que permitam a participação do estudante e permitir que eles possam desenvolver não só sua capacidade de reflexão e organização do pensamento para sistematizar o conhecimento, mas também fazer o uso da linguagem científica de forma adequada.

## **Problemas Abertos**

Nos problemas abertos trabalha-se com situações gerais, onde os estudantes discutem desde a condição de contorno até as possíveis soluções. Carvalho (2014) descreve que a situação-problema deve ser interessante para o discente, e de preferência, envolver seu mundo vivencial.

Azevedo (2006) alerta que atividade envolvendo problemas abertos é bastante demorada e que os estudantes devem enfrentar tais situações primeiramente de forma qualitativa, buscando inicialmente desenvolver hipóteses, identificar situações de contorno e limites das hipóteses elaboradas.

Da análise das principais atividades experimentais, nota-se que os modelos são muitos semelhantes entre si, apesar de alguns apresentarem mais etapas do que os demais. A atividade caracterizada como questões abertas foi a escolhida para a aplicação da metodologia desenvolvida.

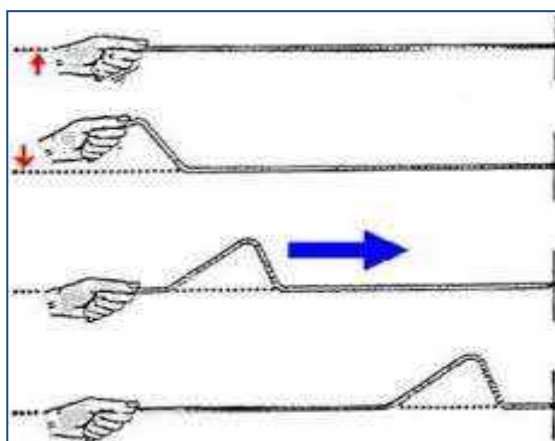
## 2.3 A Física do Efeito Doppler

Neste tópico discutiremos alguns conceitos básicos sobre os conteúdos de ondas e efeito Doppler.

### 2.3.1 Propriedades básicas das ondas

Uma onda é caracterizada por uma perturbação que se propaga num meio material (ondas mecânicas) ou não (ondas eletromagnéticas). Podemos ver um exemplo desse tipo de perturbação em um meio material nas Figuras 1, 2 e 3.

**Figura 1 – Pulso em uma Corda.**

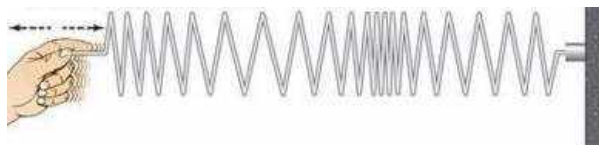


Fonte: <http://educacao.globo.com/fisica/assunto/ondas-e-luz/ondas.html>

As Figuras 2 e 3 ilustram a perturbação promovida pela ação da mão, gerando um pulso de onda transversal e longitudinal, respectivamente. Para gerar o primeiro pulso, faz-se um movimento de sobe e desce de forma transversal à direção de propagação do pulso (Figura 2). Já para o segundo é realizado um movimento de vai e vem ao longo da direção de propagação do pulso (Figura 3). Assim, na onda transversal a perturbação se faz em direção perpendicular à direção de propagação. Entretanto, caso a perturbação ocorra na mesma

direção que a propagação, ou seja, paralelamente à direção de propagação da onda, tem-se uma onda longitudinal.

**Figura 2- Onda transversal.**



Fonte: <https://mundoedu.com.br/uploads/pdf/587e7bee0227c.pdf>

**Figura 3 – Onda longitudinal.**



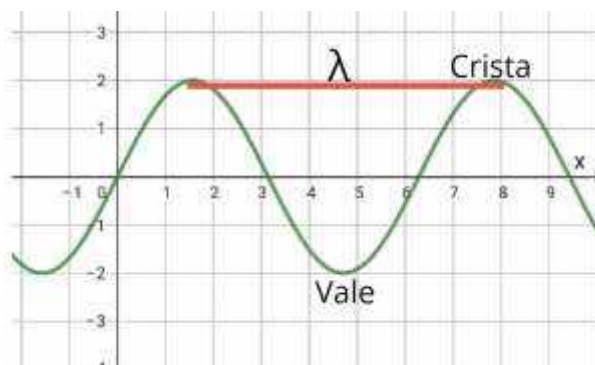
Fonte: Hewitt, 2015.

A onda pode ser classificada também de acordo com sua natureza podendo ser ondas mecânicas ou eletromagnéticas. "Ondas mecânicas são aquelas originadas pela deformação de uma região de um meio elástico e que, para se propagarem, necessitam de um meio material. Ondas eletromagnéticas são aquelas originadas por cargas elétricas oscilantes... elas não necessitam obrigatoriamente de um meio material para se propagarem" (RAMALHO, 2007).

Se ao invés de um simples movimento de sobe-desce ou vai-vem da mão, for realizado um movimento oscilatório de forma rítmica em uma corda ou mola tensionada, gera-se as chamadas ondas senoidais progressivas, que possuem a forma de uma função seno ou cosseno. O comprimento da parte da função seno que se repete é conhecido como comprimento de onda, conforme mostrado na Figura 4. O tempo gasto pela mão para realizar uma oscilação completa ou o tempo gasto para uma onda senoidal deslocar um comprimento

de onda é definido como período (T). O inverso do período é denominado frequência (F), que é o número de vibrações completas que a mão efetua por unidade de tempo. A velocidade de propagação de uma onda senoidal pode ser obtida pela razão entre o comprimento de onda e o período.

**Figura 4 - Elementos da onda.**



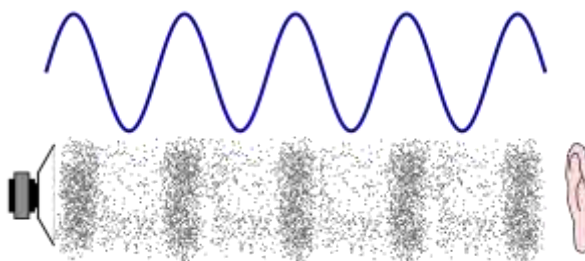
Fonte: Elaborado no Geogebra

Podemos observar na Figura 4 alguns outros elementos da onda: as cristas (pontos mais altos da onda) e os vales (pontos mais baixos da onda). A amplitude corresponde à metade da distância vertical entre a crista e o vale. Outra característica importante que devemos aqui destacar é o transporte de energia, e não da matéria. Na Figura 4, o comprimento de onda é de 6,5 unidades de comprimento, enquanto sua amplitude é de duas unidades de comprimento.

### 2.3.2 Ondas sonoras

Os fenômenos sonoros estão relacionados com as vibrações dos corpos materiais, que se propagam em um meio material, seja no sólido, líquido ou gasoso. A Figura 5 ilustra esquematicamente uma onda sonora se propagando no ar, onde são mostradas regiões de compressão (maior densidade) e rarefação (menor densidade) que se propagam no meio. Esse padrão causa uma diferença de pressão que são captadas pelo ouvido humano. Observa-se também uma onda senoidal com uma dada frequência relacionada a uma onda sonora, onde as regiões de maior pressão (compressão) equivalem às cristas, e as regiões com menor pressão (rarefação) equivalem aos vales.

**Figura 5 - Representação de uma onda sonora senoidal.**



Fonte: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/82/CPT-sound-physical-manifestation.svg>

A velocidade em que a onda sonora se propaga depende do meio na qual ela está. A Figura 6, abaixo, ilustra alguns meios e suas respectivas velocidades em m/s.

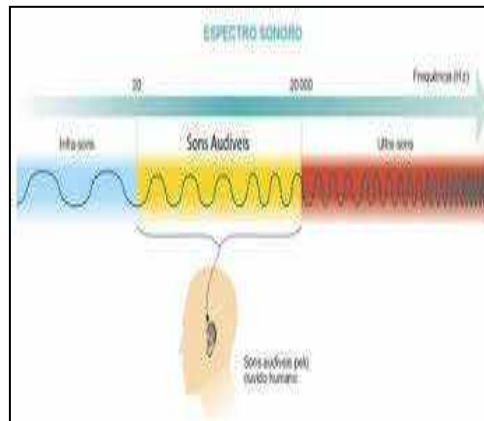
**Figura 6. Valores de velocidade do som em alguns meios.**

| Meio de propagação | Velocidade do som |
|--------------------|-------------------|
| Vidro (20°C)       | 5130 m/s          |
| Alumínio (20°C)    | 5100 m/s          |
| Glicerina (25°C)   | 1904 m/s          |
| Água do mar (25°C) | 1533 m/s          |
| Água (25°C)        | 1493 m/s          |
| Mercúrio (25°C)    | 1450 m/s          |
| Hidrogênio (0°C)   | 1286 m/s          |
| Hélio (0°C)        | 972 m/s           |
| Ar (20°)           | 343 m/s           |
| Ar (0°C)           | 330 m/s           |

Fonte: <https://www.todoestudo.com.br/fisica/velocidade-do-som>

As ondas sonoras são percebidas pela audição humana em uma faixa de frequência que esteja compreendida entre 20 Hertz (Hz) e 20.000 (Hz), sendo 20 Hz a frequência mínima e 20.000 Hz a frequência máxima audível, como mostra o espectro sonoro apresentado na figura 7 abaixo.

**Figura 7 - Espectro sonoro.**



Fonte: <https://www.todoestudo.com.br/fisica/velocidade-do-som>

A Figura 7, também ilustra outras frequências, onde sons com frequências maiores que 20.000 Hz, são denominados ultrassons, e os de frequências abaixo de 20 Hz, são denominados infrassons.

Na música a altura de um som é a qualidade que nos permite classificá-lo como: grave (menor frequência) ou agudo (maior frequência). A energia transportada por uma onda sonora senoidal em um dado meio e com uma dada frequência é proporcional ao quadrado da sua amplitude. Por outro lado, a razão entre quantidade de energia, por unidade de tempo transportada através de uma dada área, e essa área define a intensidade sonora. Dessa forma, a intensidade sonora de uma dada onda é inversamente proporcional ao quadrado da distância de uma fonte pontual. Se a distância da fonte for fixa, pode-se variar a intensidade sonora por meio da amplitude da onda. Já para uma dada onda sonora, afastar-se da fonte diminui a intensidade sonora.

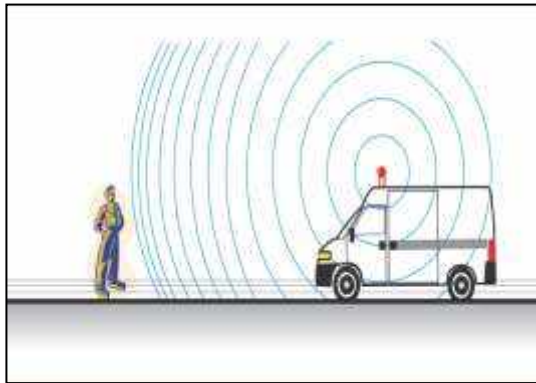
### 2.2.3 Efeito Doppler

Christian Andreas Doppler (1803-1853) estudou e descreveu o efeito que leva o seu nome. Em 1842, sua publicação intitulada “Sobre as Cores da Luz Emitida pelas Estrelas Duplas” apresenta teoricamente os fundamentos do efeito Doppler, tanto para o som quanto para a luz. A primeira comprovação experimental foi obtida por Buys Ballot em 1845, numa experiência em que uma locomotiva puxava um vagão com vários músicos.

O efeito Doppler pode ocorrer de duas maneiras: quando uma fonte se movimenta e o observador permanece em repouso ou quando a fonte permanece em repouso e o observador se movimenta.

Quando a fonte se movimenta e o observador permanece em repouso (e vice-versa) a frequência percebida pelo observador é diferente da emitida pela fonte. Caso a fonte e o receptor se aproximem um do outro, o último receberá uma onda sonora de menor comprimento de onda, ou seja, maior frequência, percebendo assim um som mais agudo. Esse efeito pode ser observado na Figura 8.

**Figura 8 - Representação do efeito Doppler.**



Fonte: <http://parquedaciencia.blogspot.com/2013/08/sons-e-o-efeito-doppler.html>

Quando a fonte e o observador se afastam, a frequência percebida pelo observador será também diferente da emitida, porém o receptor perceberá um som de frequência menor (som mais grave).

Naturalmente se a fonte e o observador permanecerem imóveis, a frequência percebida pelo observador será a mesma emitida pela fonte.

### 3 METODOLOGIA

Para que os objetivos desta pesquisa fossem alcançados, a metodologia de pesquisa utilizada ao longo da sequência didática baseou-se em três etapas, descritas a seguir, na qual a segunda etapa foi subdividida em três momentos. A realização das aulas ocorreu numa escola pública, localizada na cidade de Araguari-MG, no distrito de Amanhece. Em nossa sequência didática foram utilizadas tecnologias digitais da informação e comunicação (TDIC) e atividades práticas.

Na primeira etapa, utilizamos questionários, para a identificação das concepções prévias e leitura de mundo dos discentes.

Na segunda etapa, já conhecendo as concepções prévias e leitura de mundo dos estudantes através da análise dos questionários, foi proposta uma problematização. Nesse sentido, Freire (1996) destaca a importância de se aproveitar a experiência que os estudantes têm, para se discutir fatos da realidade associados aos conteúdos que se ensina. Ademais, segundo Azevedo (2006), questões abertas motivam o desenvolvimento da argumentação nos discentes. Dessa forma, os momentos que compuseram essa metodologia foram: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento, conhecido como os três momentos pedagógicos (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1999).

Esta metodologia possibilita o uso de atividades experimentais, a fim de trazer reflexões acerca das hipóteses dos discentes. Segundo Azevedo (2006), a utilização de atividades investigativas permite que o estudante assuma outra função diferente da passiva, passando a argumentar, pensar, agir, interferir, questionar e fazer parte da construção de seu conhecimento.

Por fim, na última etapa, utilizamos vídeos explicativos e pesquisas bibliográficas. A utilização das pesquisas possibilitou aos estudantes a busca por respostas através de um trabalho prático. A atividade pode propiciar uma reflexão nos discentes, levando a uma mudança conceitual sobre suas concepções alternativas.

## 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DA APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Neste capítulo apresentamos a análise e discussão da aplicação da sequência didática elaborada.

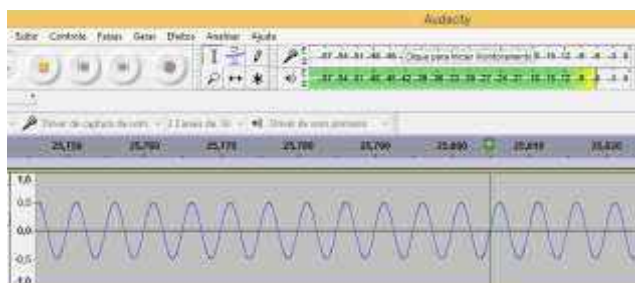
As respostas dos estudantes foram transcritas exatamente como dissertadas pelos estudantes a partir do questionário aplicado e das atividades.

### 4.1. Primeira Aula

A sequência didática foi iniciada objetivando identificar as concepções prévias e leitura do mundo dos estudantes sobre alguns conceitos do conteúdo de acústica, tais como frequência e intensidade sonora, pois partindo desses saberes pode-se criar uma conexão mais efetiva entre as noções intuitivas e a realidade dos estudantes com as concepções científicas aceitas atualmente.

Na primeira aula a sala foi organizada em forma de um círculo, com o objetivo de aumentar a interação entre os estudantes em relação à disposição tradicional em filas. Iniciando a aula foi apresentado ondas sonoras senoidais, como mostra a figura 9, de frequências audíveis altas e baixas, assim como de ruídos, utilizando-se o software livre *Audacity*.

**Figura 9. Ilustração da frequência caracterizada como a de um som grave, 200 Hz.**

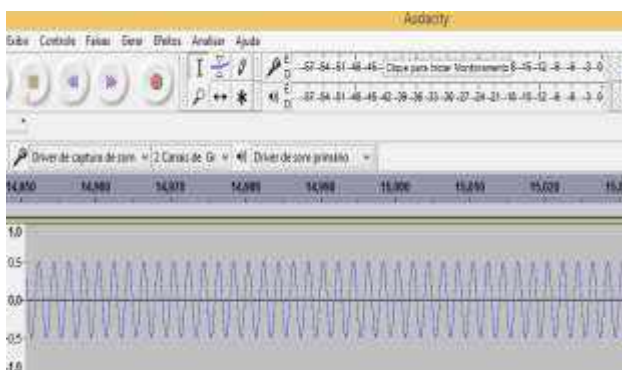


Fonte: Audacity.

A primeira frequência mostrada aos estudantes foi uma frequência mais baixa em torno de 200 Hz, que foi caracterizada como um som mais grave, conforme figura 9. A

segunda frequência emitida foi maior (500 Hz) que a primeira que foi caracterizada como um som mais agudo, conforme figura 10.

**Figura 10 - Ilustração da frequência caracterizada um som agudo, 500 Hz.**



Fonte: Audacity

Por fim, também mostrou-se um som desagradável, conhecido como ruído. Esse pode ser compreendido como um som composto por uma mistura de ondas de diferentes frequências que não é recebido e percebido de forma agradável pelo ouvido humano. Para Hewitt (2015) o ruído corresponde uma vibração irregular, que causa vibração irregular no tímpano, causando sensações irritantes, conforme indica a Figura 11.

**Figura 11 - Representação de um ruído.**

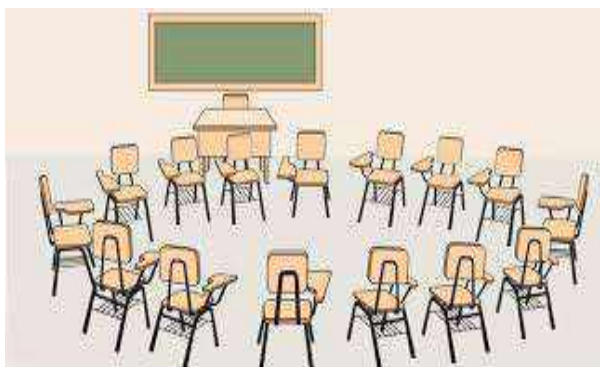


Fonte: Audacity

O objetivo dessa atividade foi atrair a atenção e a curiosidade estudantes para a aula. De fato, a atividade permitiu compreender como os discentes classificam os sons (grave ou agudo) através unicamente de sua percepção auditiva, sem ainda terem contato com a representação gráfica das ondas sonoras e nem do valor da frequência escolhida.

A configuração dos discentes na sala de aula foi organizada na forma de círculo, como ilustrado na figura 12. Nessa roda foi discutido qual dos sons reproduzidos era agudo ou grave. A maioria dos estudantes conseguiu distinguir o som “mais agudo” e o som “mais grave”.

**Figura 12 - Representação da sala estruturada em círculo.**



Fonte: [http://www.adventista.edu.br/\\_imagens/area\\_academica/files](http://www.adventista.edu.br/_imagens/area_academica/files)

No segundo momento desta aula foi listado no quadro um questionário composto por quatro questões. A primeira questão e as respostas dos discentes estão apresentadas no quadro 1. Essa questão pode nos permitir verificar o que o estudante entende por som, podendo ter concepções alternativas ou um conhecimento científico aceito sobre o tema.

**Quadro 1 – Concepções prévias sobre o som.**

| Questão 1 - O que é som? |                                                                                                             |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Grupos                   | Respostas                                                                                                   |
| 1                        | Som é uma onda sonora com vibrações que emite algum tipo de barulho.                                        |
| 2                        | São vibrações conhecidas como vibrações sonoras. Ex: Voz humana é uma vibração causada pelas cordas vocais. |
| 3                        | Efeito sonoro.                                                                                              |
| 4                        | Algo que emite barulho e pode ser ouvido.                                                                   |
| 5                        | Onda sonora.                                                                                                |

Fonte: Autora

As respostas dos grupos sugerem que o som é algo que “vibra” ou algo que faz “barulho”, apresentando respostas mais informais. Os grupos 3 e 5 não conseguiram definir de forma clara o que seria o som, citando sinônimo como onda sonora. Nota-se que algumas respostas estão no sentido da definição esperada mesmo sem eles terem tido uma aula prévia

com a regente da disciplina. Isso se justifica já que alguns estudantes faziam cursos preparatórios para o ENEM/Vestibular e outros faziam aulas de música. Assim, entender o perfil da turma e o contexto dos estudantes é importante para o planejamento de uma sequência didática.

Nesta primeira pergunta, caberia ao docente fazer algumas mediações aos grupos tais como: i) Provocar uma reflexão ao grupo 4, que apresentou confusão entre som e fonte sonora; ii) Estimular os grupos 3 e 5 com novas perguntas a fim de promover novas informações para propor novas respostas; iii) Conduzir o grupo 1 e 2, para uma reorganização mais formal dos conceitos apresentados.

A segunda questão, quadro 2, permitiu compreender quais são as concepções sobre ruído.

**Quadro 2- Concepções prévias sobre ruído.**

| Questão 2- O que é ruído? |                                               |
|---------------------------|-----------------------------------------------|
| Grupos                    | Respostas                                     |
| 1                         | Ruído é um barulho irritante e repetitivo.    |
| 2                         | É um barulho repetitivo que incomoda. .       |
| 3                         | Um som agudo irritante.                       |
| 4                         | Algo que emite barulho e pode ser ouvido.     |
| 5                         | São sons que perturbam a audição das pessoas. |

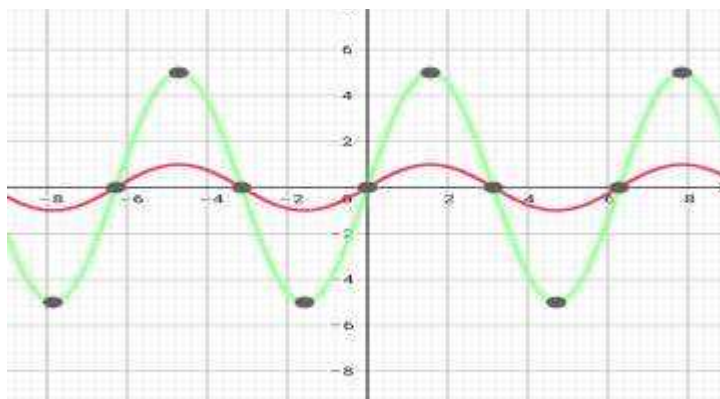
Fonte: Autora

Analisando as respostas dos discentes, a maioria dos estudantes descreveu o ruído como sendo algo “irritante”. Nesse caso, eles entendem que o ruído também é um som. Os termos repetitivo e agudo não caracterizam unicamente um ruído, pois sons harmônicos também são periódicos (repetitivos) e sons graves também podem ser ruidosos. Notou-se que durante a roda de conversa, ao reproduzir pelo Audacity o ruído, um estudante relacionou aquilo que ele estava ouvindo com um fato de seu cotidiano ao dizer: *“Ah esse é aquele barulho que a televisão faz quando está sem sinal”*. Ademais, em uma busca rápida pelo dicionário, procurando o significado do termo ruído, encontrou-se uma definição que se encaixa na fala do estudante: *“Qualquer perturbação aleatória que ocorra num canal de comunicação durante a transmissão”*. Assim, através desta fala observa-se que as experiências que o discente carrega a partir de suas vivências podem ser usadas como conexões para introduzir outros conceitos.

Nas questões 3 e 4, mostradas nos quadros 3 e 4, respectivamente, procurou-se entender as concepções prévias e a leitura de mundo dos discentes sobre altura do som.

Na música a altura do som está associada aos termos “altos” e “baixos”, para se referir a sons agudo (maior frequência) e grave (menor frequência), respectivamente. A altura de um som também pode ser confundida com o conceito de amplitude. Ademais, a intensidade da onda sonora está relacionada com a sua amplitude. Assim, uma onda com amplitude maior (onda verde), como exposto na figura 13, transporta mais energia que uma onda com amplitude menor (onda vermelha) figura 13. Por fim, usa-se no cotidiano o termo som alto ou baixo para a intensidade sonora, Assim, esse tema pode causar dificuldades de compreensão para os estudantes.

**Figura 13 - Representação de ondas com amplitudes distintas.**



Fonte: Elaborado no Geogebra

Analisando as respostas das questões 3 e 4, nota-se que os estudantes associam som grave ou agudo e a altura de um som a conceitos como frequência e a intensidade do som. Isso possivelmente se deve ao fato da terminologia utilizada na música, quanto a situações faladas do cotidiano como “o som da TV está muito alto (baixo)”, “aumente (diminua) o volume da TV”. Isso indica que conceitos associados a essas situações como intensidade sonora, frequência, amplitude devem ser trabalhados com os estudantes juntamente com as situações do cotidiano. Nesse ponto, poderia se elaborar atividades para discutir sobre a natureza da onda sonora, qual o mecanismo físico responsável pela variação da altura de um som, e o conceito como amplitude, regiões de compressão e densidade local do ar. Ademais, em outras respostas, termos como “mais qualidade”, “grosso”, “fino”, “forte”, “altitudes baixas ou elevadas” aparecem. Nesse caso, caberia uma investigação junto aos discentes para elucidar o que significa esses termos e a partir daí inserir os conceitos cientificamente aceitos, partindo dessa leitura de mundo deles.

**Quadro 3- Concepções prévias sobre som alto e som baixo.**

| Questão 3- O que é som alto? E um som baixo? |                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Grupos                                       | Respostas                                                                                                                                             |
| 1                                            | Um som alto, que tem mais qualidade de se ouvir e o som baixo tem menor qualidade de se ouvir.                                                        |
| 2                                            | Som Alto: Altas frequências e vibrações é um som que você escuta mais. Som baixo: Baixas frequências e poucas vibrações é um som que se escuta menor. |
| 3                                            | O som alto é emitido com mais intensidade e o som baixo é emitido com menor intensidade.                                                              |
| 4                                            | Um som alto é quando um emite um som mais elevado superior ao som baixo.                                                                              |
| 5                                            | São vibrações com altitudes baixas ou elevadas.                                                                                                       |

Fonte: Autora

**Quadro 4- Concepções prévias sobre som grave e som agudo.**

| Questão 4- O que é um som grave? E um som agudo? |                                                                                                |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Grupos                                           | Respostas                                                                                      |
| 1                                                | O som grave é um som mais grosso, e o som agudo é um som mais fino.                            |
| 2                                                | Som grave: Um som forte é grave.<br>Som agudo: Um som mais fino com uma frequência mais baixa. |
| 3                                                | Som grave é aquele que é mais forte, que abala mais, e o som agudo é mais fino.                |
| 4                                                | Grave: São sons mais fortes.<br>Agudo: São sons estridentes..                                  |
| 5                                                | Som grave: Um som forte.<br>Som agudo: Um som mais fino.                                       |

Fonte: Autora

Percebemos, ao analisar os questionários, que as respostas apresentadas muitas vezes não apresentam informações completas ou são usadas terminologias não adequadas a uma linguagem científica. Ao final da aula, fizemos a leitura de algumas questões e reorganizamos algumas informações incoerentes.

## 4.2 Segunda Aula

A segunda aula foi desenvolvida na sala de multimídia. A aula foi dividida em dois momentos, a apresentação de um vídeo e um questionário a ser respondido em grupo. O

primeiro momento foi marcado pela apresentação de um trecho (trecho 5) de um programa humorístico televisivo, com a participação do humorista Marcelo Adnet.

O vídeo exibido está disponível em:

<https://gshow.globo.com/programas/tamanho-familia/episodio/2018/07/22/videos-de-tamanho-familia-de-domingo-22-de-julho.ghtml>

O objetivo da reprodução do vídeo na aula foi promover o interesse dos estudantes, com algo que faz parte do cotidiano deles. No trecho selecionado do programa, o comediante Marcelo Adnet relata um episódio no qual ficou perdido durante a realização de uma trilha. Marcelo conta que, ao estar na mata, percebia sons de apitos soarem às vezes pertos e distantes, durante a chegada dos bombeiros, levando-o a concluir que os bombeiros estavam chegando ou se afastando dele. Assim, esse trecho foi utilizado para levantar a seguinte questão: Como Marcelo Adnet, sabia a posição (afastando ou se aproximando) dos apitos?

Neste segundo momento a turma foi dividida em grupos compostos por 5 discentes, a fim de propiciar uma discussão entre eles. Para isso, a questão posta aos grupos foi “Como Marcelo Adnet, sabia a posição dos apitos?”

#### **Quadro 5: Mapeamento das hipóteses.**

| Questão 5- Como Marcelo Adnet, sabia a posição dos apitos? |                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Grupos                                                     | Respostas                                                                                                                     |
| 1                                                          | Quando maior a distância menor a intensidade do som e quanto menor a distância maior a intensidade.                           |
| 2                                                          | Quando diminui a distância som fica mais forte e quando aumenta a distância som fica mais fraco.                              |
| 3                                                          | Por causa, das ondas sonoras e a distância que o vento leva.                                                                  |
| 4                                                          | Pois, quando o som está mais próximo, mais alto ele é, e quanto maior a distância, mais baixo é, por causa das ondas sonoras. |

Fonte: Autora

Podemos notar que os grupos estavam certos que a intensidade sonora diminui com a distância como citada em vários grupos era a resposta mais coerente para a pergunta. Outro ponto a se destacar é que tais respostas podem ser influenciadas pelas práticas sociais dos discentes uma vez que são estudantes que moram na zona rural, onde estão sujeitos a esse tipo de experiência relatada pelo Marcelo Adnet.

### **4.3 Terceira Aula**

Na terceira aula a sequência foi dividida em 3 momentos: envio de um vídeo aos discentes através de um aplicativo de mensagem previamente à aula, questionário e representação gráfica. O vídeo enviado, com duração de 25 segundos, aborda a mudança de frequência percebida pelo observador, causada pelo movimento dos veículos.

O objetivo desta aula foi identificar se os estudantes conseguiam compreender a relação entre o movimento do emissor e a mudança de frequência percebida. No início do segundo momento da aula organizou-se os 20 estudantes em 6 grupos. Em seguida, aplicou-se a primeira questão, cujo objetivo era verificar como os estudantes percebiam a mudança de som dos veículos ao longo do movimento.

#### **Quadro 6: Mapeamento das respostas da questão 1.**

| Questão 1 - Descreva o que vocês perceberam em relação aos sons ouvidos no vídeo. |                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Grupos</b>                                                                     | <b>Respostas</b>                                                                                                                                                      |
| 1                                                                                 | Percebemos que o som da buzina dos veículos fica mais intenso ao se aproximar de nossos ouvidos, e conforme o veículo vai se afastando, a intensidade do som diminui. |
| 2                                                                                 | O som do vídeo agudo e grave                                                                                                                                          |
| 3                                                                                 | Quando foi se aproximando ficou mais forte e depois que foi se afastando foi diminuindo.                                                                              |
| 4                                                                                 | Percebemos sons graves e agudos, de longe e de perto, alguns deles são mais intensos que outros.                                                                      |
| 5                                                                                 | Quando o som estava distante ouvimos com uma intensidade maior, quando o carro passa a intensidade fica menor.                                                        |
| 6                                                                                 | Percebemos que quanto mais se aproxima os carros e o trem o barulho vai aumentando e quando eles passam o barulho vai ficando mais baixo gradativamente.              |

Fonte: Autora

Percebemos que os grupos apontam que percebem a mudança de intensidade do som. Apenas um grupo relatou perceber um som mais agudo e outro som grave, porém não explicou em qual momento essa mudança acontece. Quando o estudante percebe a mudança de frequência, porém não sabe apontar os momentos dessa mudança é preciso que o professor estimule o estudante com novas situações, onde tais situações o discente já possa ter

presenciado. Ademias, os resultados indicam que a elaboração de perguntas mais específicas pode levar os estudantes às análises desejadas pelo professor.

A segunda questão teve como objetivo verificar se os estudantes conseguiram identificar as características do som que se alteram ao longo do movimento do veículo.

**Quadro 7: Mapeamento das respostas da questão 2.**

| Questão 2 - Quais são as características dos sons que mudaram? |                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Grupos                                                         | Respostas                                                                                                                                                                                              |
| 1                                                              | Cada veículo emite um som diferente, o primeiro que é o carro emite sons graves e intensos, o trem também é grave e menos intenso, a ambulância tem o som mais estridente e bem mais intenso e agudo.  |
| 2                                                              | O barulho do carro (Motor) tem menor frequência.<br>Ambulância a sirene, mais forte a intensidade.<br>Trem o barulho é constante.                                                                      |
| 3                                                              | As características são diferentes pois os sons delas são diferentes um dos outros, o da sirene é mais forte e chamativo que os das buzinas que são barulhos contínuos.                                 |
| 4                                                              | 1º veículo: Apresenta um som contínuo, e mais intenso ao passar perto da câmera.<br>2º veículo: Apresenta um som grave, com menor intensidade.<br>3º veículo: Apresenta um som mais agudo e oscilante. |
| 5                                                              | As características dos veículos é que as buzinas são diferentes oscilam com alto e baixo, é o que muda e a frequência do som de um trem para um carro e de um caminhão para uma sirene.                |
| 6                                                              | Carro, som de mais baixa intensidade, mais constante (agudo).<br>Trem, som de intensidade fraco e mais grave.<br>Ambulância tem um som mais forte mais agudo.                                          |

Fonte: Autora

Podemos notar que as características que os estudantes listaram não estão relacionadas com o movimento dos veículos e sim com uma característica de cada veículo. Assim, as respostas ressaltam que os estudantes não conseguiram perceber a relação do movimento com a mudança de frequência do som.

Depois dos devidos questionamentos, iniciou-se o terceiro momento da aula, onde foi trabalhado as representações gráficas da onda ao longo do movimento dos veículos.

Os estudantes deveriam fazer ilustrações que representassem o som emitido pelo veículo se aproximando e se afastando do ouvinte e indicar as características da onda que sofreram modificações. A análise dos desenhos permite dizer que os discentes conseguem ilustrar melhor as mudanças de frequência que ocorrem no som ao longo do movimento do que nas respostas às questões abertas. Ressalta-se que a frequência é inversamente proporcional ao comprimento de onda para um dado meio.

Os desenhos apresentados pelos estudantes constituem de mais detalhes como: momentos em que som passa a ser mais agudo e a mudança de comprimento de onda.

Ao final da atividade, os discentes apresentaram seus desenhos aos demais grupos, cujo intuito era incentivar os estudantes em elaborar e apresentar suas ideias, promover uma participação mais ativa no processo de sua aprendizagem, estimulando os demais a participar das discussões, tornando, assim, a aula mais dinâmica.

No final da aula a professora fixou uma atividade de pesquisa sobre alguns conceitos, como atividade para casa. Os discentes deveriam pesquisar, explicar e exemplificar o que significa: Som grave; Som agudo; A relação que existe entre a frequência e sons grave e agudo; A relação entre frequência e período da onda.

#### **4.4 Quarta Aula**

Na terceira aula foi possível observar que os estudantes através das ilustrações conseguiram apontar as mudanças ocorridas no som. Porém não conseguiram relacionar as mudanças do som com o movimento dos veículos. Notando tais dificuldades nos discentes, na quarta aula buscou-se, através de uma atividade experimental, verificar a concepção de som grave e agudo, apontada na aula anterior.

Após a entrega das atividades, os discentes se organizaram em grupos, para que discutem sobre as perguntas. Após a organização dos grupos, foi solicitado que cada grupo assistisse ao vídeo trabalhado na terceira aula usando seus celulares.

O uso do celular otimizou o tempo de desenvolvimento das atividades, pois dispensou a ida à sala de multimídia.

Após os estudantes assistirem o vídeo fez-se novamente a questão: *Quais características mudaram?*

Em voz alta os estudantes começaram a listar as características, sendo assim, percebeu-se que com a pesquisa os discentes chegaram a novas conclusões sobre as

mudanças. Outro reflexo da atividade de pesquisa foi a confiança em que os estudantes respondiam à pergunta. Nota-se que a pesquisa auxiliou a aprendizagem referente aos conceitos importantes trabalhados no decorrer das aulas.

Voltando para os questionamentos, a segunda questão foi enunciada: *Em qual momento o som está mais agudo ou mais grave?*

Tanto na primeira como na segunda pergunta os estudantes se sentiram à vontade em expressar suas ideias de forma expositiva. A partir do dialogo entre os grupos, de forma geral, a resposta foi que: *Quanto mais perto o veículo está do observador mais agudo é, e quanto mais longe do observador mais grave é o som.*

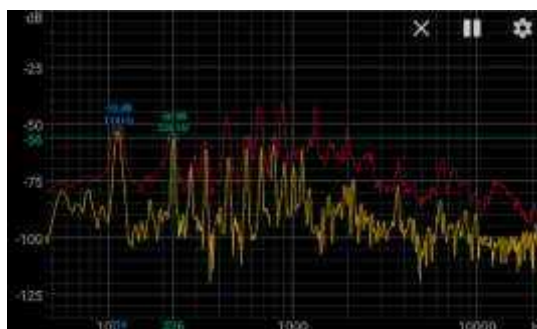
Após a resposta, solicitou-se que os estudantes gerassem sons considerados agudo e grave através do aplicativo que eles pesquisaram em casa. Os aplicativos utilizados pelos estudantes foram: *Audio Frequency Counter* (figura 14) e o aplicativo *Spectroid* (figura 15).

**Figura 14 - Aplicativo Audio Frequency Counter.**



Fonte: App Store

**Figura 15 - Aplicativo Spectroid.**



Fonte: App Store

A dinâmica proposta para os estudantes aconteceu da seguinte maneira: Cada grupo reproduzia um som com uma dada frequência, um grupo de cada vez, após todos escutarem as

frequências, eles teriam que encontrar qual grupo emitiu a maior frequência entre eles inicialmente apenas pela percepção, depois cada grupo relataria o valor da frequência.

Finalizada a dinâmica desenvolvida pelos estudantes, percebemos que muitos estudantes conseguiram diferenciar as frequências pontuando as mais agudas e as mais graves.

#### 4.5 Quinta Aula

Iniciamos a quinta aula com duas questões: *Por que vocês acham que o som é mais agudo em alguns momentos e mais grave em outros? Ou seja, por que a frequência mudou?* Dessa forma, à medida que cada grupo fosse formulando a sua resposta, as mesmas foram listadas no quadro, como indicado no quadro 8.

**Quadro 8 - Mapeamento das hipóteses.**

| Por que vocês acham que o som é mais agudo em alguns momentos e mais grave em outros? Ou seja, por que a frequência mudou? |                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Grupos                                                                                                                     | Respostas                                                 |
| 1                                                                                                                          | Conforme a distância dos automóveis a frequência diminui. |
| 2                                                                                                                          | Frequência, conforme a distância fica mais fraca.         |
| 3                                                                                                                          | A frequência se modifica conforme a distância.            |
| 4                                                                                                                          | Alguns sons são baixos e outros altos.                    |
| 5                                                                                                                          | Muda o som, frequência, altura e intensidade.             |
| 6                                                                                                                          | Distância, frequência e som.                              |

Fonte: Autora

A análise das respostas novamente indica que o termo “distância” aparece com frequência nas respostas dos estudantes. Para que os estudantes refletissem se suas hipóteses estavam corretas, os grupos se organizaram em outra dinâmica na qual um dos grupos, por meio de um aplicativo, reproduzia um som com uma dada frequência, enquanto os demais mediram a frequência. Durante a realização das medições os grupos que se encontravam mais próximo do grupo onde a frequência estava sendo emitida relatou que a frequência medida estava bem próxima da que estava sendo emitida. Porém os grupos que estavam mais distante, observaram que a frequência que o aplicativo estava medindo uma frequência menor.

Através da atividade experimental esperava-se que os estudantes chegassem à conclusão que a frequência não mudaria mesmo para grupos localizados em posições distintas, mas que a intensidade poderia mudar.

A partir da dinâmica, os estudantes concluíram que pelas informações apresentada pelo aplicativo, que a mudança de frequência acontecia devido à distância de onde o observador se encontra em relação à fonte.

Portanto, a observação da turma não estava alinhada com o esperado, pois para que receptor perceba uma frequência diferente da emitida da fonte é necessário que a fonte sonora ou o observador esteja em movimento, ou seja, não pode estar em repouso. No final da aula foi solicitado aos estudantes que pesquisassem em casa se as respostas listadas no quadro estavam corretas e fizessem uma conclusão sobre as mesmas para ser entregue na próxima aula.

#### **4.6 Sexta Aula**

Através das 4° e 5° aulas, verificamos que os estudantes entenderam uma das principais características que sofreu mudança. Porém, ainda sem uma assimilação com o movimento dos automóveis. Então novamente fizemos uso do grupo do whatsapp para encaminhar dois vídeos explicativos sobre o fenômeno do Efeito Doppler, para que os estudantes assistissem e compreendessem a explicação. Também foi encaminhado no grupo um questionário com 3 perguntas referente aos vídeos, listadas abaixo.

- ✓ O que acontece com a frequência do som quando o carro está em repouso em relação ao observador?
- ✓ O que acontece com a frequência do som quando o carro está se aproximando do observador?
- ✓ O que acontece com a frequência do som quando o carro está se afastando do observador?

No início da aula a autora recolheu as respostas referente ao questionário. A seguir, discentes foram organizados em círculo, e o debate se inicia com a seguinte questão: era possível através da dinâmica feita por eles na aula anterior chegar à mesma explicação que os vídeos enviados via whastApp?

Apenas um estudante se manifestou dizendo: *“Não, professora, pois estávamos sentados, ou seja, sem nenhum movimento, o que tínhamos que observar é que a frequência não mudava.”*

Após essa discussão, explicou-se que possivelmente os aplicativos não conseguiram capturar o som perfeitamente, já que a intensidade cai com o quadrado da distância e há ruídos que podem interferir na medida.

Então foi questionado aos estudantes se era possível através dos aplicativos, representar o fenômeno efeito Doppler. Somente um estudante se manifestou, relatando que tinha encontrado uma demonstração sobre o Efeito Doppler, com o uso do celular. Então foi pedido a ele que demonstrasse para os colegas a situação que ele tinha visto no vídeo. O estudante demonstrou que com um movimento de vai e vem com as mãos era possível perceber a mudança de frequência.

A ação do estudante em buscar algo além dos vídeos indicados foi muito importante, pois mostrou a sua curiosidade sobre o conteúdo e, além disso, possibilitou aos demais o aprendizado daquele conteúdo.

Após a demonstração do estudante, foi realizada uma revisão sobre os conceitos trabalhados ao longo das 5 aulas, assim também discutimos de forma construtiva como percebemos o Efeito Doppler no dia a dia.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho de conclusão de curso permitiu conhecer e investigar através da sequência didática as concepções prévias e a visão de mundo do grupo de estudantes do segundo ano do Ensino Médio pesquisados, ligadas aos conceitos de ondas e som. Os resultados obtidos podem ser de grande valor para orientar outras atividades pedagógicas.

Com relação aos estudantes, chegou-se a algumas conclusões:

- Fornecem respostas influenciadas pelas experiências do dia a dia;
- Possuem dificuldades em expor suas ideias de forma dissertativa;
- Utilizam terminologias não adequadas nas respostas;
- Representações gráficas, contendo mais informações sobre o conteúdo;
- Participam mais ativamente, demonstrando interesse, atenção e engajamento nas atividades propostas;
- Desenvolveram mais autonomia nos estudos quando as atividades forma investigativas;
- Tiveram dificuldade na mudança conceitual dos estudantes
- Apresentaram dificuldade em compreender que a mudança de frequência se tava pelo movimento relativo.

Sobre a atuação do docente no processo de ensino aprendizagem verificou-se:

- A importância de identificar e mapear as concepções alternativas dos estudantes;
- A necessidade de reflexão em sua ação pedagógica e sobre suas ações;
- Os benefícios de saber aproveitar durante as aulas concepções alternativas explicitadas pelos estudantes para estimular reflexões que os levem a tomar consciência de suas próprias ideias.

Em relação às alterações necessárias para próximas aplicações:

- Propor mais atividades que promovam a prática de pesquisa;
- Elaborar um pós-teste;
- Coletar e registrar dados e informações durante as atividades experimentais;
- Estudar mais profundamente s os aplicativos.

Acredita-se que essas implementações podem agregar mais qualidade aos objetivos da proposta de sequência didática.

## REFERÊNCIAS

- ARAUJO, M. S. T., ABIB, M. L. V. S. Atividades Experimentais no Ensino de física: Diferentes Finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de física**, São Paulo, v.25, n.2, p.176-194, Jun.2003.
- AZEVEDO, M.C.P.S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: \_\_\_\_\_. **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. Anna Maria Pessoa de carvalho (Org). São Paulo. Thomson, 2006.
- BORGES, A.T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. Caderno Brasileiro: Ensino de física. v.19, n.3: p.291-313, dez., 2002.
- CANDAU, Vera Maria (Org.). **Rumo a uma Nova Didática**. 19ª. Ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2008.
- CARVALHO, A. M. P. (org). **Calor e Temperatura: Um ensino por investigação**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.
- CAVALCANTE. G. C., ROMEU. C. M. Um estudo sobre concepções alternativas e modelos de mudança conceitual. In: \_\_\_\_\_. **Concepções alternativas sobre a natureza da ciência na formação inicial de professores de física: O CEK como metodologia e a HFC como estratégia**. 1º ed. Ceara: EduECE, 2020. Cap.23, p.23-38.
- CAVELLUCCI, Lia Cristina B. Estilos de aprendizagem: em busca das diferenças individuais. 2010.
- CUNHA, A.M.O. A mudança conceitual de professores num contexto de educação continuada. Tese. Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo. 1999.
- DRIVER, R. Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. **Enseñanza de** DRIVER, R. Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo de ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, p. 109-120, 1988.
- DUSCHL, R. La valorización de argumentaciones y explicaciones: promover estrategias de retroalimentación. **Enseñanza de Las Ciencias**, 16 (1), p. 3-20, 1998.
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia: Saberes Necessários à Prática Educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- GATTI, Bernadete Angelina. Grupo Focal na pesquisa em ciências sociais e humanas. Brasília: Liber Livro, 2005.
- GIL PEREZ, D e CASTRO, P.V. La orientacion de las practicas de laboratorio como investigacion: um ejemplo ilustrativo. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v.14, n.2, 155-163. 1996.
- GIL PÉREZ, D. La metodología científica y la enseñanza de de las ciencias. Unas relaciones controvertidas. **Enseñanza de las Ciencias**, v.4, p.111-121, 1986.
- GIL, D. e CASTRO V., P. La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: um ejemplo ilustrativo. **Enseñanza de Las Ciencias**, 14 (2), p. 155-163, 1996.
- KRASILCHIK, M. A evolução no ensino das Ciências no período 1950-1985. In: \_\_\_\_ (Ed.) **O professor e o currículo de Ciências**. São Paulo: EPU / Edusp, 1987.
- KRAUSE, J.; JOHN SCHEID, N. Concepções alternativas sobre conceitos básicos de física de estudantes ingressantes em curso superior da área tecnológica: um estudo comparativo. **Revista Espaço Pedagógico**, v. 25, n. 2, p. 227-240, 28 maio 2018.
- las Ciencias**, v. 4, f. 1, p. 3-15, 1986.
- LEWIN, A.M.F. e LOMÁSCOLO, T.M.M. La metodologia científica em la construcción de conocimientos. **Enseñanza de Las Ciencias**, 20 (2), p. 147-1510, 1998.
- MOREIRA, J.G. Ensinando física conceitual – Uma experiência em um curso de licenciatura em física. **Revista Brasileira de Ensino de física**. São Paulo. v. 42, junho 2020.

- Pereira, B. B. (2010). Experimentação no ensino de ciências e o papel do professor na construção do conhecimento. *Cadernos da FUCAMP*, 9(11), p. 1-9.
- POSNER, G. J. et al. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, v. 66, n. 2, p. 211-227, 1982.
- SANTOS, M. E. V. M. **Mudança conceitual na sala de aula: um desafio Pedagógico Epistemologicamente Fundamentado**. Lisboa: Livros Horizonte, p.23-128, 1998.
- ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E.; **Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens**. Belo Horizonte. *Rev. Ensaio*. v. 13. n° 03, p.67-80, 2011.

## ANEXOS

## **AULA 1**

**TEMA:** Conceitos de Acústica

**NUMERO DE AULAS:** 1 aula

**OBJETIVOS:**

- Identificar as concepções alternativas dos estudantes.

**CONTEÚDOS:**

- Frequência

**PÚBLICO ALVO:**

- Turma de 2º ano do Ensino Médio.

**DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE:**

Começaremos a abordagem organizando os estudante em circulo, em seguida é reproduzido som com frequências diferentes. Após os estudantes ouvirem, será questionado com som e mais agudo ou grave.

Após esse momento inicial, os estudantes se reorganizam em grupos, para que exponham suas respostas, a respeito das perguntas dirigidas aos discentes.

- ✓ O que é o som?
- ✓ O que é ruído?
- ✓ O que é som alto? E um som baixo?
- ✓ O que é som grave? O que é som agudo?

Em seguida após as elaborações de resposta, novamente em circulo, o docente levantara um debate a cerca de algumas respostas.

## **AULA 2**

**TEMA:** Intensidade Sonora

**NUMERO DE AULAS:** 1 aula

**OBJETIVOS:**

- Compreender e Relacionar o conceito de Intensidade Sonoro

**CONTEÚDOS:**

- Intensidade Sonora

**PÚBLICO ALVO:**

- Turma de 2º ano do Ensino Médio.

**DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE:**

Iniciaremos a aula, apresentando um trecho de um programa televisivo, onde o humorista e comediante Marcelo Adnet, relata um episódio no qual ficou perdido durante a realização de uma trilha. Marcelo relata perceber sons de apitos, e que em certos momentos os sons pareciam ficar mais perto e depois mais longe, durante a chegada dos bombeiros. Em um segundo momento, os estudantes se organizaram em grupos para responder a seguinte pergunta: Como Marcelo Adnet, sabia a posição (afastando ou se aproximando) dos apitos?

Em um Terceiro momento, os estudantes deveram elaborar desenhos, apontando o comportamento da onda sonora.

### **AULA 3**

**NUMERO DE AULAS: 1 aula**

**TEMA: Acústica**

**OBJETIVOS:**

- Identificar e compreender a relação entre o movimento e a mudança de frequência.

**CONTEÚDOS:**

- **Efeito Dopler**

**PÚBLICO ALVO:**

- Turma de 2º ano do Ensino Médio.

**DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE:**

Primeiramente, usaremos um grupo via WhatsApp, para envio de um vídeo com duração de 25 segundos, onde aborda a mudança de frequência observada pelo observador, causada pelo movimento dos veículos.

O segundo momento, se dará no ambiente escolar onde a turma, novamente se organizara em grupos, para a realização de respostas para as seguintes perguntas:

- Descreva o que vocês perceberam em relação aos sons ouvidos no vídeo.
- Quais são as características dos sons que mudaram?

O terceiro momento da aula foi trabalhado novamente as representações gráficas, da onda ao longo do movimento dos veículos.

Ao final da aula a docente enviará uma atividade de pesquisa sobre alguns conceitos. Os estudantes deveram pesquisar, explicar e exemplificar o que significa: Som grave; Som

agudo; A relação que existe entre a frequência, um som grave e um som agudo; A relação entre frequência e período da onda.

## **AULA 4**

**NUMERO DE AULAS:** 1 aula

**TEMA:** Acústica

**OBJETIVOS:**

- Consolidar os conceitos trabalhados nas aulas anteriores

**CONTEÚDOS:**

- **Efeito Dopler**

**PÚBLICO ALVO:**

- Turma de 2º ano do Ensino Médio.

**DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE:**

Iniciaremos a aula recolhendo as atividades de pesquisa efetuada pelos estudantes.

Após o recolhimento, será novamente discutido a segunda questões da aula anterior.

- Quais características mudaram?

O objetivo é verificar se após a atividade de pesquisa, se os estudantes compreenderam tais mudanças. Após as discussões em torno da primeira pergunta, outro questionamento é feito aos discentes:

- Em qual momento o som está mais agudo ou mais grave?

Após a exposição das respostas, será solicitado aos estudantes que exemplifiquem os sons graves e agudos, usando os aplicativos encontrados por eles no App Store. A atividade deve promover uma atitude mais ativa os discentes.

## **AULA 5**

**NUMERO DE AULAS: 1 aula**

**TEMA: Acústica**

**OBJETIVOS:**

- Compreender a mudança de frequência

**CONTEÚDOS:**

- **Frequência**
- **Efeito Doppler**

**PÚBLICO ALVO:**

- Turma de 2º ano do Ensino Médio.

**DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE:**

Iniciaremos a aula, com um questionamento: *Por que vocês acham que o som é mais agudo em alguns momentos e mais grave em outros? Ou seja, por que a frequência mudou?*

Com este questionamento espera-se que os estudantes compreendam a relação do movimento relativo com a mudança de frequência.

Em um segundo momento, os estudantes desenvolveram uma atividade experimental baseada nas respostas, da questão inicial da aula. Com a atividade experimental espera-se que os estudantes cheguem a uma conclusão cientificamente aceita.

## **AULA 6**

**NUMERO DE AULAS: 1 aula**

**TEMA: Acústica**

**OBJETIVOS:**

- Compreender a mudança de frequência como consequência do movimento.
- Compreender o efeito Doppler

**CONTEÚDOS:**

- Frequência

- Efeito Doppler

**PÚBLICO ALVO:**

- Turma de 2º ano do Ensino Médio.

**DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE:**

Ao fim da 5ª aula, os estudantes chegaram a conclusão, que a mudança de frequência ocorria de fato pela distancia entre a fonte e o observador, conclusão está equivocada, provocada por vários fatores. Assim buscamos novamente a utilização de vídeos, foi escolhido 2 vídeos explicativos sobre o efeito Doppler e enviado ao grupo de whatsapp, onde os estudantes deveriam assistirem e posteriormente responder três questões:

- O que acontece com a frequência do som quando o carro está em repouso em relação ao observador?
- O que acontece com a frequência do som quando o carro está se aproximando do observador?
- O que acontece com a frequência do som quando o carro está se afastando do observador?

Ao iniciar a 6ª aula, recolhe – se as atividades. Após o recolhimento, o docente questiona a turma sobre a conclusão de que a frequência muda de acordo com a distância. Espera-se que os estudantes se manifestem contra esta conclusão após assistirem aos vídeos explicativos.