



UEPB

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**O ESTUDO DE ONDAS MECÂNICAS ATRAVÉS DE ABORDAGEM
INVESTIGATIVA COM ENFOQUE NA APLICAÇÃO TECNOLÓGICA**

ELANE VIEIRA DINIZ

**CAMPINA GRANDE-PB
2020**

ELANE VIEIRA DINIZ

**O ESTUDO DE ONDAS MECÂNICAS ATRAVÉS DE ABORDAGEM
INVESTIGATIVA COM ENFOQUE NA APLICAÇÃO TECNOLÓGICA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Sociedade Brasileira de Física, polo da Universidade Estadual da Paraíba como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Linha de Pesquisa: Física no Ensino Médio.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Raquel Pereira de Ataíde.

**CAMPINA GRANDE – PB
2020**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

D585e Diniz, Elane Vieira.

O estudo de ondas mecânicas através de abordagem investigativa com enfoque na aplicação tecnológica [manuscrito] / Elane Vieira Diniz. - 2020.

100 p. : il. colorido.

Digitado.

Dissertação (Mestrado em Profissional em Ensino de Física) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2020.

"Orientação : Profa. Dra. Ana Raquel Pereira de Ataíde, Departamento de Física - CCT."

1. Ensino de Física. 2. Ondas sonoras. 3. Recursos tecnológicos. 4. Alfabetização científica. I. Título

21. ed. CDD 530.7

ELANE VIEIRA DINIZ

**O ESTUDO DE ONDAS MECÂNICAS ATRAVÉS DE ABORDAGEM
INVESTIGATIVA COM ENFOQUE NA APLICAÇÃO TECNOLÓGICA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Sociedade Brasileira de Física, polo da Universidade Estadual da Paraíba como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

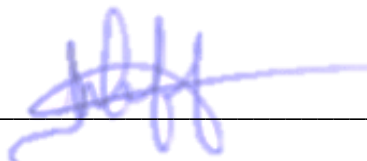
Linha de Pesquisa: Física no Ensino Médio.

Aprovada em: 12/02/2020.


BANCA EXAMINADORA



Prof. Dra. Ana Raquel Pereira de Ataíde
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Profa. Dra. Ivonete Batista dos Santos
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Thiago Silva Araújo
Secretaria de Estado da Educação da Paraíba (SEE-PB)

A meus pais e meus irmãos, por todo amor e incentivo, DEDICO.

AGRADECIMENTO

A Deus, que em sua infinita sabedoria colocou força em meu coração para vencer essa etapa de minha vida. A fé no Senhor, sem dúvidas, me ajudou a lutar até o fim.

Especialmente a professora e orientadora Ana Raquel, por exigir de mim muito mais do que eu imaginava ser capaz de fazer, pela orientação, paciência e competência com que conduziu este trabalho.

Aos professores pela contribuição durante esses dois anos dados a minha formação, em especial aos que compõem o corpo docente do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Estadual da Paraíba, principalmente ao professor Elisalvo Alves que não faz parte desse corpo docente, mas deixou seus ensinamentos e exemplos de professor a serem seguidos.

A meus pais Cecílio Diniz Pereira e Francisca Vieira Diniz, aos meus irmãos Edivânia Vieira Diniz, Erivânia Vieira Diniz e Eriel Vieira Diniz, que me deram apoio e incentivo nas horas difíceis e tornaram esta caminhada menos árdua.

A turma do MNPEF 2018.1, foi um privilégio estudar com todos vocês.

A meu amigo, Diego Pereira que hoje não está mais aqui, mas que me ajudou muito com suas dicas para as construções de algumas das figuras deste trabalho.

A todos os meus amigos e amigas que de uma forma direta e indiretamente contribuíram com este trabalho, em especial, a minha amiga Thais Andrade.

Aos meus alunos, da Escola Monsenhor José Borges de Carvalho, pela contribuição e receptividade dada durante a realização desse trabalho.

Muito Obrigada!

RESUMO

O trabalho aqui apresentado nasceu da necessidade, enquanto professora de Física, de inovar os métodos de ensino utilizados em sala de aula, buscando despertar o interesse dos alunos através de aulas de caráter investigativo com enfoque em tecnologia. Diante disso, apresentamos uma proposta direcionada para professores de Física do Ensino Médio, com a perspectiva de trabalhar o conteúdo de ondas sonoras a partir da aplicação na ultrassonografia. Temos como objetivo fazer com que os estudantes venham a compreender os fenômenos e conceitos físicos envolvidos na formação da imagem durante a realização desse exame. Para isso, utilizamos situações investigativas, problematizações, simulações, experimentações, textos e vídeos durante as aulas programadas. Neste sentido, procuramos trabalhar com a investigação, dando oportunidade para que os estudantes possam atuar de forma reflexiva e ativa em cada situação proposta, possibilitando discussão durante as aulas, de modo a ampliar seu conhecimento sobre ciências. Após a intervenção didática, percebemos que o produto educacional gerado a partir deste trabalho despertou a curiosidade dos estudantes durante as aulas desenvolvidas e que trazer conteúdos que estão relacionados a equipamentos tecnológicos pode vir a suprir a lacuna causada por aulas expositivas e baseadas em resolução de problemas sem muitos significados para os estudantes.

Palavras Chave: Ensino de Física. Ondas sonoras. Tecnologia.

ABSTRACT

The work presented here was born from the need, as a Physics teacher, to innovate the teaching method in the classroom, seeking to arouse the interest of students through investigative classes with a focus on technology. Therefore, we present a proposal aimed at high school physics teachers, with the perspective of working on the content of sound waves from application in ultrasound. We aim to make students understand the phenomena and physical concepts involved in the formation of the image during this exam. For this, we use investigative situations, problematizations, simulations, experiments, texts and videos during the scheduled classes. In this sense, we seek to work with investigative activities, giving the opportunity for students to act in a reflective and active way in each proposed situation, enabling discussion during classes, in order to expand their knowledge about science. After the didactic intervention, we realized that the educational product generated from this work aroused the students' curiosity during the developed classes and that bringing content that is related to technological equipment can fill the gap caused by expository classes and based on problem solving without many meanings for students.

Keywords: Physics teaching. Sound waves. Technology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação da propagação de um pulso.....	20
Figura 2 – Representando a propagação de uma onda em uma corda.....	20
Figura 3 – Representação da propagação da onda sonora a partir de uma fonte pontual S em um meio tridimensional.....	23
Figura 4 – Representação produção de ondas com altas frequências.....	24
Figura 5 – Representação de ondas que produzem baixas frequências.....	25
Figura 6 – Som mais intenso ou sons mais fortes.....	25
Figura 7 – Som menos intenso ou sons mais fracos.....	26
Figura 8 – Imagem do exame de ecocardiograma.....	46
Figura 9 – Exame de ultrassonografia para a verificação do feto da criança.....	47
Figura 10 – Significados encontrados por uma das equipes participantes da aula.....	48
Figura 11 – Tirinha utilizada como situação problema inicial (propagação de ondas sonoras).....	49
Figura 12 – Imagem da ferramenta PHET, simulador de onda.....	51
Figura 13 – representação de um pulso, realizado na ferramenta PHET.....	52
Figura 14 – Representação de uma onda em corda, através de pulsos consecutivos, realizado na ferramenta PHET.....	53
Figura 15 – Estudantes durante a exibição de vídeos.....	55
Figura 16 – Relato de uma das equipes, referente aos vídeos assistidos.....	56
Figura 17 – Tela de projeção da atividade experimental.....	57
Figura 18 – (a e b): Respostas de dois estudantes, de equipes diferentes, aos questionamentos finais.....	60

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Os Primeiros Passos e a Inspiração Pela Temática.....	10
1.2	Iniciando o Diálogo.....	10
1.3	Estrutura de Apresentação do Texto.....	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	Referencial Teórico em Ensino.....	14
2.1.1	Ensino por Investigação e Sequência de Ensino Investigativa.....	14
2.1.2	Alfabetização Científica e Tecnologia no Ensino de Física.....	16
2.2	Referencial Teórico em Física.....	19
2.2.1	Conceito de Onda.....	19
2.2.2	Classificação das Ondas.....	21
2.2.3	Elementos de Uma Onda.....	21
2.2.4	A Física das Ondas Sonoras.....	22
2.2.5	Características do Som.....	23
2.2.6	Velocidade de Ondas.....	27
2.2.7	Reflexão de Ondas.....	30
2.2.8	Eco.....	31
2.2.9	Relação entre Densidade e Pressão.....	31
2.3	Aplicação da Onda Sonora na Medicina.....	33
2.3.1	O Ultrassom: Utilização na Medicina.....	34
2.3.2	Aplicação da Física na Ultrassonográfica.....	35
2.3.3	Fenômeno da Reflexão na Ultrassonografia.....	37
2.3.4	Impedância Acústica.....	38
3	PERCURSO METODOLÓGICO	39
3.1	Elaboração da Proposta de Intervenção.....	40
3.2	O Contexto da Pesquisa.....	41
3.3	Ferramenta de Coleta de Dados.....	41
3.4	A Avaliação da Proposta.....	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1	Elaboração da Proposta de Intervenção.....	43
4.2	Relato da Utilização da Proposta: Experiência da Proposta.....	44
4.3	Análise da Avaliação da Proposta de Intervenção.....	61

4.4	Caracterização da Mudança de Atitudes dos Estudantes Mediante a Realização da Proposta.....	61
4.5	Avaliação das Questões Propostas ao Término dos Encontros.....	64
4.6	Algumas Considerações Acerca da Aplicação do Produto Educacional.....	67
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	70
	REFERÊNCIAS.....	71
	APÊNDICES.....	75
	ANEXO.....	98

1 INTRODUÇÃO

1.1 Os Primeiros Passos e a Inspiração Pela Temática

Há aproximadamente três anos, iniciei minha atividade profissional como professora de Física, e durante esse pouco tempo de experiência foi notório perceber a falta de interesse dos estudantes pelo ensino de ciência, em especial pelo Ensino de Física. Essa falta de interesse levou a busca de novas metodologias devido aos grandes desafios que ensinar ciências nos proporciona. Percebe-se que durante as aulas desenvolvidas, poucos estudantes demonstram o interesse pelo conteúdo e que as aulas de Física se tornam cansativas e desinteressantes quando são baseadas em uma abordagem tradicional com o foco apenas na utilização de equações matemáticas.

De acordo com Porto e Chapani (2013), o ensino de ciências ainda é conteudista, memorizado e descontextualizado. Em que o professor segue o modelo do livro didático sem buscar novas abordagens de ensino. Cansada de ver essa situação e querendo modificar o cenário presenciado, nasceu à necessidade de elaborar uma proposta de ensino que suprisse essa lacuna. Procurando novas metodologias e estratégias de ensino que fossem capazes de chamar atenção e despertar o interesse dos estudantes pelo estudo da ciência.

1.2 Iniciando o Diálogo

Durante muitos anos, o conhecimento era transmitido de maneira direta pela exposição do professor. Em que as atividades experimentais eram baseadas em roteiros e os exercícios eram decorados. Com o passar dos anos, essa prática vem sendo modificada, passando assim, a valorizar mais a qualidade de ensino e menos a quantidade. Uma importante contribuição para essa valorização foi à inserção de atividades investigativas no ensino, as quais podem vir a proporcionar condições que leva o estudante a raciocinar e construir o seu conhecimento. Apesar dessas modificações, o Ensino de Física, na grande maioria das escolas da Educação Básica, ainda é baseado em aulas tradicionais e sem muito significado para o estudante.

Procurando valorizar mais o ensino por investigação com requisitos a evitar erros comuns geralmente encontrados nos materiais instrucionais e nas práticas tradicionais, buscamos desenvolver um produto educacional que priorizasse a abordagem investigativa

com enfoque na Alfabetização Científica e Tecnológica - ACT, que servirá de subsídio metodológico para a construção do conhecimento científico.

De acordo com Carvalho (2013), muitos fatores e muitos campos do saber influenciaram a escola e o ensino em particular, entre os trabalhos que mais afetaram o cotidiano das salas de aula de ciências, “as investigações e teorizações feitas pelo epistemólogo Piaget e seus pesquisadores que com ele trabalharam e os conhecimentos produzidos pelo psicólogo Vigotsky e seus seguidores” (Carvalho, 2013, p. 1). Esses autores mostraram que a partir de pontos de vistas bem diferentes como ocorre à construção do conhecimento entre as crianças e jovens. Tanto Piaget quanto Vygotsky contribuíram para a modificação de um ensino, que levasse em consideração a aprendizagem do estudante.

Para Carvalho (2013), as pesquisas piagetianas buscam compreender como o conhecimento, principalmente o conhecimento científico, é construído pela sociedade, na busca de compreender sua epistemologia, partiram de dados empíricos retirados de entrevistas com crianças e adolescentes. A pesquisa piagetiana mostra a importância do problema para o início da construção do conhecimento. Ao trabalhar com problemas, o professor contribui com a construção do conhecimento, pois o estudante ao tentar resolver uma situação problema passa a raciocinar, debater e justificar suas ideias, aplicando assim seus conhecimentos anteriores em novas situações.

Partindo dessa premissa, a aula de Física baseada em uma proposta investigativa não é um trabalho fácil, porém, gratificante. Os problemas a serem utilizados devem ser fundamentados de forma que tenham sentido para o estudante, é de suma importância que a situação problema proposta pelo professor esteja relacionada ao cotidiano dos estudantes, de modo que estes possam ser despertados para a aprendizagem através do interesse por compreender o fenômeno estudado. Esse processo de interligação da ciência com o cotidiano favorece para que o estudante possa modificar a linguagem cotidiana para uma linguagem científica.

As pesquisas realizadas por Azevedo (2004), Carvalho (2013) mostram que os estudantes aprendem mais sobre ciências e desenvolvem melhor seus conhecimentos conceituais quando participam de atividades de investigação com o enfoque em ACT. Para que o professor trabalhe com essa proposta é necessária a elaboração de uma sequência investigativa com enfoque ACT que possa auxiliar durante as suas práticas em sala de aula, ajudando na elaboração de aulas ricas em conhecimento e contribuindo com o rompimento das práticas tradicionais de ensino.

O ensino por investigação, baseado na resolução de situações problemas, envolve a formulação de hipóteses, justificativas e reflexão e tem como principal objetivo levar o estudante a pensar, debater, justificar e ampliar o seu conhecimento conceitual e matemático. O que precisamos durante as aulas de Física é instigar os discentes para que, assim, busquem a aprendizagem e compreendam a importância do fenômeno estudado, isso só será possível, se o problema apresentado despertar neles a curiosidade. Vale ressaltar, que o professor não deve ficar preso aos livros didáticos, mas buscar novas fontes de renovação para as suas aulas. O que encontramos nos livros didáticos, geralmente, são exercícios de fixação meramente repetitivos levando o estudante a desenvolver uma aprendizagem mecânica e arbitrária.

Diante disso, buscamos neste trabalho apresentar uma proposta de ensino baseada no desenvolvimento de recursos didático-pedagógicos que favoreçam o Ensino de Física para turmas, do segundo ano, do Ensino Médio Regular. Através de uma abordagem investigativa com enfoque em ACT. O conteúdo escolhido foi o de ondas sonoras e sua aplicação em componentes tecnológicos, como é o caso do ecocardiograma utilizado pela medicina. Pretendemos aqui, fazer com que os estudantes participem durante as aulas, e essa participação seja capaz de conduzi-lo a desenvolver estratégias de resoluções de problemas e a compreensão dos fenômenos estudados a partir de investigação.

Para alcançar nossos objetivos, utilizaremos situações problema, simulações, experimentações, textos e vídeos durante as aulas programadas. Nesta perspectiva, procuramos trabalhar com atividades investigativas, buscando dar oportunidade para que os estudantes possam atuar de forma reflexiva e ativa em cada situação proposta, possibilitando discussão durante as aulas, de modo a ampliar seu conhecimento em ciências.

1.3 Estrutura de Apresentação do Texto

A dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos: O primeiro capítulo apresenta a introdução sobre o tema abordado, a motivação, o objetivo da nossa proposta; no segundo, apresentamos o referencial teórico em Ensino e em Física. Nele, discorreremos sobre a base teórica utilizada na pesquisa, tendo como aporte o ensino por investigação com enfoque em ACT e a fundamentação teórica em Física.

No terceiro capítulo, o percurso metodológico utilizado para o desenvolvimento do trabalho é apresentado, descrevemos o produto educacional, e explicamos o motivo da escolha do tema trabalhado, a metodologia utilizada para a construção da sequência didática,

bem como os passos metodológicos que foram seguidos durante as intervenções em sala de aula e o processo de observação e relato da experiência vivenciada.

O quarto é destinado à descrição da aplicação do produto educacional, onde se apresenta o relato detalhado da intervenção em sala, a participação dos estudantes, fala-se sobre a receptividade destes, sobre as ocorrências gerais e pontuais dos diferentes dias em que a sequência didática foi, devidamente, aplicada.

Por fim, apresentaremos as considerações finais sobre o trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, apresentaremos uma discussão teórica acerca dos temas: O ensino por investigação, Alfabetização Científica e Tecnologia no Ensino de Física e o conteúdo de Ondas Sonoras.

2.1 Referencial Teórico em Ensino

2.1.1 Ensino Por Investigação e Sequência de Ensino Investigativa

Nos últimos anos, o ensino de ciências vem sendo motivo de grandes discussões no mundo acadêmico. Estas discussões buscam caminhos para que as aulas de ciências se tornem mais instigantes, dinâmicas e que proporcionem aos estudantes uma reflexão crítica acerca da produção científica e tecnológica. Nas escolas da Educação básica o que encontramos é um público habituado em ver a Física como equações matemáticas e atividades que são baseadas em exercícios de aplicação com uma tendência ao operacionismo, sem muito significados, contribuindo assim, para uma aprendizagem totalmente mecânica.

Tentando modificar esse cenário, o ensino de ciência, baseado em uma proposta de ensino por investigação, através da elaboração de sequências de ensino investigativas, surge como proposta metodológica que pode vir a contribuir com a melhoria desse ensino. De acordo com Azevedo (2004), o ensino por investigação leva o estudante a pensar, debater e discutir. Partindo dessas considerações, é necessário que o professor inclua durante o planejamento a resolução de problemas abertos, demonstração investigativa e o laboratório aberto, pois estes levam o estudante a buscar estratégias para a resolução dos mesmos, proporcionando condições para a aplicação em novas situações.

A busca pela resolução desses problemas possibilita aos estudantes uma maneira para que possam atuar de forma reflexiva e ativa em cada situação proposta, permitindo discussões durante as aulas, de modo a ampliar o seu conhecimento sobre ciências. O Ensino de Ciências por Investigação é uma possibilidade de se deixar de lado as aulas tradicionais, em que o professor se dirige ao quadro para fazer anotações, e que, maioria das vezes, essas aulas são baseadas apenas em equações matemáticas que acabam as tornando-as chatas e cansativas.

Visando a mudança dessa prática em sala de aula, o professor deve estar preparado para buscar novas metodologias de ensino, ter domínio do conteúdo proposto e ser capaz de

elaborar situações problemas que possam instigar os estudantes a buscarem novas formas de como solucionar-las. Durante o planejamento de uma proposta de ensino investigativa é necessário à contextualização do conteúdo, onde os estudantes possam vir a exercitar modelos no nosso dia a dia.

Para Francisco Jr. *et al.* (2008, p.1), ao desenvolver aulas baseadas em atividades experimentais com uma abordagem investigativa, “os estudantes são capazes de inferir hipóteses e explicação plausíveis sobre os fenômenos em estudo, mesmo sem ter estudado os conceitos envolvidos”. Apontando assim, resultados plausíveis, que contribuem com a apreensão pessoal dos significados, processo que pode favorecer o desenvolvimento da curiosidade epistemológica, indispensável para a aprendizagem crítica.

Vale ressaltar que durante a execução da aula, o professor deve levar o estudante a participar de forma efetiva do processo de ensino e aprendizagem, e essa participação é percebida quando se manifesta no estudante a busca por refletir, debater, explicar e relatar o que foi proposto durante as aulas ministradas. De acordo com Azevedo (2004), ao fazer observações e agir sobre o problema, os estudantes podem perceber que o conhecimento científico se dá através de uma construção, ao contrário de um modelo do método científico rígido, fechado e composto de passos a serem seguidos.

O ensino por investigação possibilita ao estudante resolver situação problema através da elaboração de hipóteses, debatendo em grupos e testando-as. Para Azevedo (2012, p. 22), “utilizar atividade investigativa como ponto de partida para desenvolver a compreensão de conceitos é uma maneira de levar o estudante a participar do seu processo de aprendizagem”, saindo assim de uma postura passiva e começando a perceber e agir sobre o seu próprio objeto. Para que uma proposta de ensino que envolve uma abordagem investigativa venha a surtir resultados positivos o professor precisa desenvolver aulas que despertem o interesse por parte dos estudantes, chamando atenção do público em questão, e para isso, a situação problema deve estar relacionada com o meio que o estudante está inserido.

De acordo com Carvalho *et al.* (2009), as atividades didáticas desenvolvidas com o formato de uma investigação vêm a propiciar o surgimento de diferentes interações discursivas entre estudantes e dando ao seu trabalho características de uma investigação científica, ou seja, contribuindo com um aumento na alfabetização em ensino de ciências.

Para Azevedo (2004), ao trabalhar com resolução de problemas, ocorre um índice maior de participação durante as aulas e o estudante passa de uma postura passiva para uma

postura mais ativa. Ele começa a aprender, a elaborar hipóteses e raciocínios, em que ocorram as trocas de ideias e justificativas de seus argumentos durante a resolução do problema proposto pelo professor.

O ensino por investigação não é simples de ser trabalhado, é uma proposta que requer muita dedicação por parte dos professores, e antes do professor elaborar uma sequência de ensino investigativa, ele tem que apresentar domínio do assunto a ser trabalhado, em que esse domínio permite a elaboração de situações problema que leve o estudante a pensar e debater em equipes sobre a temática apresentada. Quando o professor apresenta uma situação ele já imagina a resposta que os estudantes devem apresentar, o seu papel é orientá-los para que as explicações sejam modificadas e os estudantes consigam construir o processo de transição entre a linguagem cotidiana e a linguagem científica.

2.1.2. Alfabetização Científica e Tecnologia no Ensino de Física

Durante a década de 1950 nos Estados Unidos surgiu o termo “Alfabetização Científica”, mas durante esse período não se tinha consenso apropriado relacionado ao termo, o que se pretendia era produzir conhecimentos relacionados ao mundo natural e que pudesse a vir contribuir com a formação de cada indivíduo. Para Dutra, Oliveira e Pino (2017), a alfabetização científica representa um conjunto de conhecimentos científicos e tecnológicos que facilitariam aos homens e mulheres fazer uma leitura do mundo onde vivem, para que possa conhecê-lo e transformá-lo.

De acordo com Alves e Pflanzner (2017), é necessário destacar que a Alfabetização Científica possibilita aos indivíduos uma instrumentalização para a leitura de mundo e, embora saibamos que a Ciência possui um rigor na linguagem que a fundamenta, torna-se necessário que a compreensão dos assuntos científicos seja realizada pela inserção mais contundente à realidade, com conexões mais diretas possíveis com a sociedade, um exemplo que utilizamos, foi associar a utilização de equipamentos tecnológicos nas aulas de Física, no nosso caso, a importância da Física para explicar o funcionamento da ultrassonografia, um tema trabalhado como proposta de ensino e aprendizagem direcionada para turma do segundo ano do Ensino Médio.

Para que exista condições concretas do estudante se tornar alfabetizado tanto cientificamente quanto tecnologicamente é necessário compreender como se deve elaborar uma proposta de ensino e um produto educacional aportados no enfoque ACT

De acordo com Fourez apud Rosa, Lambach e Lorenzetti (2017, P. 4) os passos para que uma pessoa seja alfabetizada cientificamente e tecnologicamente estão ligados a objetivos devem ser alcançados pelos estudantes, ou seja, o estudante precisa ser capaz de:

- “Utilizar conceitos científicos, integrados à valores e saberes para adotar decisões responsáveis na vida diária;
- Compreender que a sociedade exerce um controle sobre as ciências e as tecnologias, assim como ambas imprimem suas características na sociedade;
- Reconhecer tanto os limites quanto a utilidade das ciências e das tecnologias no progresso para o bem estar humano;
- Conhecer as principais concepções, hipóteses e teorias científicas, sendo capaz de aplica-los;
- Apreciar a ciência e a tecnologia por originarem estímulos intelectuais;
- Compreender que a produção de saberes científicos se dá por processos de investigação e conhecimento de outros conceitos teóricos;
- Saber diferenciar resultados científicos de opiniões pessoais;
- Reconhecer a origem da ciência e compreender que o saber científico é provisório e sujeito a alterações de acordo com o grau de acumulação de resultados;
- Compreender a aplicação da tecnologia e as decisões implícitas em sua utilização;
- Extrair de sua formação científica uma visão de mundo mais rica e interessante;
- Conhecer as fontes válidas de informações e recorrer à ela sempre que for necessário tomar uma decisão;
- E ter certa compreensão da maneira em que as ciências e as tecnologias foram produzidas no decorrer da história.” (apud Rosa, Lambach e Lorenzerri, 2017, p.4)

Para Alves e Pflanzner (2017), as pessoas ao longo de suas vidas aperfeiçoarão o uso e as aplicações dos conhecimentos científicos a que eles assimilam na escola, desempenhando uma função significativa na sistematização e socialização de conhecimentos.

O ensino de Física precisa ter uma abordagem que seja voltada à formação consciente, a incorporação de saberes na prática social e cultural. O ensino voltado para o enfoque ACT tem como objetivo fazer com que os estudantes tenham uma visão sobre o mundo em que vivem, utilizando-o para representar o estilo de conhecimento científico que vai além da mera compreensão de equações, signos e símbolos científicos, mas também, sua importância e aplicação cultural, social, política e histórica. Assim, quando a formação do estudante contempla essa gama de exigências, diz-se que o mesmo está alfabetizado cientificamente (ROSA, LAMBACH e LORENZETTI, 2017).

Em uma abordagem com enfoque ACT, o estudo encontra-se formulado a partir de pressupostos do tema social, que envolve tanto o educando quanto o educador, com finalidade de buscar saberes que estejam relacionados com a sociedade. Para Auler, (2007, p. 2), um tema gerador parte “de um problema aberto, passando pela busca de conhecimento sobre as várias dimensões deste, culminando com uma tomada de decisão”, possibilitando assim, a compreensão do universo que está inserido. De acordo com Alves e Pflanzler (2017):

“Temas geradores favorecem a relação desses dois universos e possibilita por meio do conhecimento que os sujeitos possam vivenciar novas experiências. Em função dos temas, os conteúdos são adequados para que a compreensão dos sujeitos da comunidade escolar seja ampliada. Alguns temas surgem do levantamento prévio da realidade pelo educador e diálogo com os alunos. A construção de temas que organizam o saber é uma alternativa para romper com currículos engessados, inibidores de diálogo entre as áreas de conhecimento.” (ALVES e PFLANZER, 2017, p. 4).

Diante disso, percebemos que a Alfabetização Científica e Tecnológica tem como objetivo melhorar a formação científica do cidadão, tendo em vista às circunstâncias históricas e culturais da sociedade, e assim, situar a ciência e o seu ensino no tempo e no espaço. O conceito de alfabetização científica, no campo da formação do cidadão, é associado ao conceito do saber funcional, tendo em vista que o saber técnico está relacionado à resolução de problemas concretos. De acordo com Hazen e Trefil (2005, p. 12), Alfabetização Científica “é ter o conhecimento necessário para entender os debates públicos sobre as questões de ciência e tecnologia e explica que fazer ciência é inteiramente diferente de usar ciência”. E a alfabetização científica refere-se somente ao uso das ciências.

Nesse aspecto, compreendemos que ser alfabetizado cientificamente não significa dominar todo o conhecimento científico, até porque nem os próprios cientistas dominam todas as áreas. Ser alfabetizado em ciências significa ter o conhecimento necessário para avaliar os avanços das ciências e das tecnologias, e suas implicações no mundo em que vive.

“Considera-se, então, a compreensão das informações científicas disseminadas nas mais variadas formas de informação, decorrentes de veículos como jornais, revistas, programas de televisão e outras fontes semelhantes de difusão”. (ALVES e PFLANZER, 2017, p. 4).

Nessa perspectiva, o autor caracteriza a ciência como conjunto de conhecimentos que facilitariam aos homens e mulheres fazer uma leitura do mundo onde vivem.

Durante a realização das aulas, é importante que o professor identifique a Alfabetização Científica, e para isso, é necessária a participação do estudante em sala de aula,

com intuito de formar jovens críticos e preparados para a sociedade. De acordo com Alves e Pflanzer (2017):

“A análise de certas situações em classe pode envolver indicadores denominados levantamento de hipóteses, teste de hipóteses, justificativa, previsão e explicação. Esses indicadores são importantes para identificação das habilidades dos alunos para resolver determinado problema científico, indo desde a busca por relações mais elementares sobre a situação até complexas construções mentais.” (ALVES e PFLANZER, 2017, p. 3).

No processo de alfabetização científica, a linguagem é um dos principais indicadores de efetivação desse processo, em sala de aula é de fundamental importância que o estudante se expresse seja por meio da linguagem oral, escrita, gestual, pictórica, dentre tantas outras, para que o professor entenda o processo de construção do conhecimento deste estudante, nesse sentido Sasseron apud Alves e Pflanzer (2017, p. 3) afirma que:

“A argumentação é todo e qualquer discurso em que o aluno e professor apresentam suas opiniões em aulas, descrevendo ideias, apresentando hipóteses e evidências, justificando ações ou conclusões a que tenham chegado, explicando resultados alcançados.” (SASSERON apud ALVES e PFLANZER, 2017, p. 3).

A partir do mundo vivenciado pelos estudantes é possível que o professor alfabetizado cientificamente e tecnologicamente seja capaz de proporcionar o desenvolvimento desta alfabetização na sala de aula e contribuir na construção de novos valores que venham ao encontro das necessidades da sociedade contemporânea e da formação do cidadão na sua plenitude.

2.2 Referencial Teórico em Física

2.2.1 Conceito de Onda

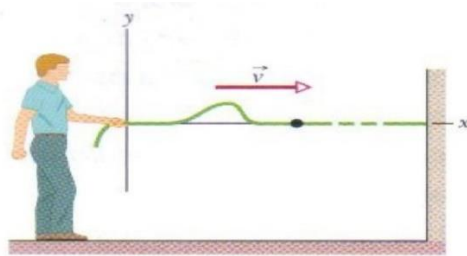
Ao ouvirmos a palavra onda, vem logo algumas imagens resgatadas em nossa memória. Podemos citar a imagem de um lago ao ser lançada uma pedra na sua superfície. No entanto, o conceito de onda na Física é indispensável no estudo de diversos fenômenos. Através das ondas, podemos ouvir o som emitido por diversos instrumentos, enxergar o universo a nossa volta, realizar alguns exames médicos.

O conceito de onda que iremos abordar aqui está relacionado a alguns dos conceitos mais importantes da Física. Dentre estes o mais fundamental é o próprio conceito de onda, “o

que é onda”, afinal? Uma onda é qualquer sinal que se transmite de um ponto a outro de um meio, com velocidade definida. Em que, ocorre transmissão do sinal entre dois pontos distantes sem que haja transporte direto de matéria. Uma onda surge quando o sistema é deslocado de sua posição de equilíbrio e a perturbação se desloca ou se propaga de uma região para outra de um sistema. Quando uma onda se desloca ela transporta energia (YOUNG e FREEDMAN; 2008).

Vamos imaginar a seguinte situação: quando amarramos uma corda em um ponto fixo de modo que a outra extremidade fique livre. Ao deixar esticada e em fazer um movimento de cima para baixo, o movimento será transmitido, sucessivamente para todos os pontos da corda, mas, não ocorrerá transmissão de matéria. Como podemos observar na imagem apresentada na Figura 1.

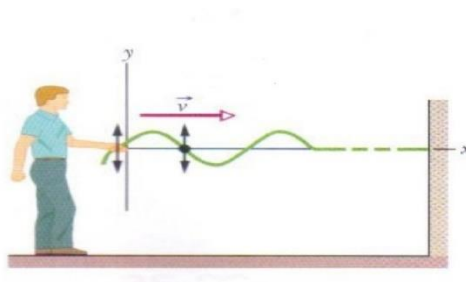
Figura 1: Representação da propagação de um pulso



Fonte: Halliday et al., 2008, p. 116.

A essa perturbação que se propaga através da corda dá-se o nome de **pulso**, e o conjunto de pulsos consecutivos nomeamos **ondas**. Na Figura 2 é apresentada uma ilustração que representa a propagação de uma onda em uma corda.

Figura 2: Representando a propagação de uma onda em uma corda



Fonte: Halliday et al., 2008, p. 116.

2.2.2 Classificação das Ondas

Tendo em vista a natureza das ondas, podemos classificá-las em ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas.

As **ondas eletromagnéticas** são ondas que não precisam de um meio material para se propagarem. Podemos citar o exemplo da luz visível, o raio-x, as ondas de rádios e as de micro-ondas. E as **ondas mecânicas** são ondas que necessitam de um meio material para se propagarem. Como: onda em uma corda, as que se propagam na superfície da água e as ondas sonoras. As ondas mecânicas se propagam nos três estados físicos da matéria.

2.2.3 Elementos de Uma Onda

Período

O período é o intervalo de tempo em que ocorre uma oscilação completa. Quando o período aumenta a frequência diminui. A unidade de período no SI (sistema internacional) é o segundo.

Frequência

A frequência está relacionada a número de vibrações por unidade de tempo. Ou seja, a frequência que determinado movimento volta a se repetir. Quanto maior esse número de vibrações maior será a frequência. A unidade de frequência utilizada no SI (sistema internacional de unidades) é o Hertz (símbolo Hz).

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

onde temos que:

f : frequência [Hz];

n : número de voltas ou vibrações;

T : período que determinado movimento volta a se repetir [s].

Temos que a frequência é o inverso do período (T), quanto maior a frequência menor será o tempo gasto para que determinado movimento volte a se repetir. O período e a frequência são grandezas inversamente proporcionais.

Amplitude

Na amplitude o que temos é a variação máxima da grandeza Física que está oscilando entre o seu valor médio. Ou seja, a amplitude é a distância entre o eixo e a crista ou entre o eixo e o vale. Quanto maior for a amplitude, maior será a quantidade de energia transportada.

Comprimento de Onda

O comprimento de onda λ de uma onda “é a distância (medida paralelamente a direção de propagação da onda) entre repetições em forma de onda. Pode, então, serem representados pela distância entre picos (máximos), vales (mínimos), ou duas vezes a distância entre nós.” (Halliday et al., 2008, p. 119)

2.2.4 A Física das Ondas Sonoras

Ondas Sonoras

O som é definido como uma onda longitudinal que precisa de um meio material para se propagar. Essa propagação pode ser em meio sólido, líquido ou gasoso. As ondas mais simples são as ondas senoidais, as quais possuem valores bem definidos para a **amplitude**, **frequência** e o **comprimento de onda**.

A maioria dos sons são produzidos através de objetos materiais, a nossa voz, por exemplo, é o resultado das vibrações das cordas vocais. Este material vibrante envia uma perturbação através de um meio, geralmente o ar, em formas de ondas longitudinais. Sob as condições ordinárias, as frequências da fonte de vibrações e do som produzido são as mesmas.

As ondas sonoras geralmente se propagam em todas as direções a partir da fonte, com amplitudes que dependem da fonte e o comprimento de onda entre a fonte e o ouvinte (YOUNG e FREEDMAN, 2008, p. 140).

O sistema auditivo humano é sensível às ondas sonoras que tenham frequências entre 20 Hz e 20 000 Hz, e esse intervalo varia de acordo com a idade de cada um. Para frequências inferiores a 20 Hz, essa onda sonora é denominada infrassons e ondas sonoras superiores a 20 000 Hz são conhecidas como ultrassom. Tanto o ultrassom quanto o infrassom não é ouvido pelos seres humanos.

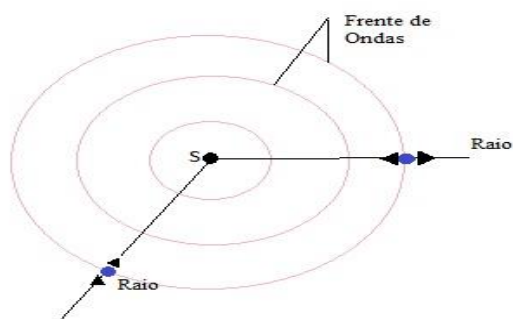
Você já deve ter se perguntado como as ondas sonoras (o som) chegam até nossos tímpanos. Ao bater palmas o som produzido não é periódico ele consiste em uma onda tipo

pulso, propagando assim, em todas as direções, o **pulso** perturba o ar, fazendo com que ocorram vibrações na mesma direção da **onda sonora** produzida.

“Quando uma **onda sonora** entra no ouvido, ela produz **vibrações** do tímpano que, por sua vez, produzem **oscilações** nos músculos ossos dos ouvidos médio, chamados ossículos. Essas **oscilações** são finalmente transmitidas ao ouvido interno, que está cheio de líquido; o movimento no líquido desse fluido perturba as células capilares no ouvido interno, as quais transmitem impulsos ao nervo que se liga ao cérebro, transportando a informação de que existe um som.” (YOUNG e FREENDMAN, 2008, p. 143).

Na Figura 3, podemos observar uma fonte sonora denominada S, que emite um som em várias direções, os raios representados na imagem indicam as direções da propagação e o espalhamento das ondas sonoras em todas as direções.

Figura 3: Representação da propagação da onda sonora a partir de uma fonte pontual S em um meio tridimensional.



Fonte: produção da autora.

Através das frentes de onda e dos raios, podemos saber a direção de propagação e o espalhamento das ondas sonoras. Podemos observar que as frentes de ondas são esféricas e se espalham nas três dimensões.

2.2.5 Características do Som

Ao descrevermos as características do som, vamos usar como parâmetro a sensibilidade auditiva. Dessa forma, a qualidade do som depende da interação do ser humano como som, e os parâmetros considerados são: a **altura**, a **intensidade** e o **timbre**.

Altura de uma onda

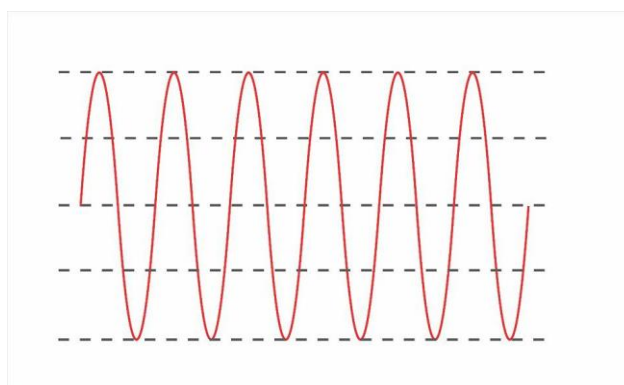
No nosso dia a dia, escutamos muitos termos relacionado à altura do som, como as expressões: “falar baixo” ou “falar alto”. No entanto, a altura do som está relacionada a produção de sons graves e sons agudos. Geralmente, a voz do homem é considerada grave e a da mulher, aguda.

A altura de um som musical está relacionada à frequência sonora, a sensação que permite distinguir entre sons mais graves e agudos. A relação entre altura e frequência surgiu através do experimento realizado por Hooke¹ em 1681, ao apertar um cartão contra os dentes de uma roda dentada que estava em rotação percebeu que ao aumentar a rapidez da rotação o som produzido era mais agudo e ao diminuir essa rotação o som produzido era mais grave (NUSSENZVEIG, 2012, p. 132.).

A partir das Figuras 4 e 5, podemos observar o comportamento característico das frequências de dois tipos de sons produzidos. Na figura 4, o som produzido tem frequência mais alta, com comprimentos de ondas menores, portanto, o som produzido é de som mais agudo. Na figura 5, o som produzido tem maior comprimento de onda e frequência menos elevada, logo o som é mais grave.

Podemos citar como exemplo de som alto, o som produzido por um flautim, este possui uma alta frequência de vibrações, ao passo que um som baixo é o produzido pela sirene de alerta de nevoeiro que tem uma baixa frequência de vibrações.

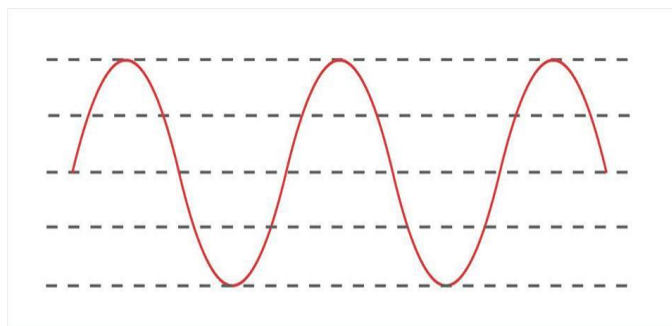
Figura 4: Representação produção de ondas com altas frequências



Fonte: produção da autora.

¹ Robert Hooke (1635 – 1703) cientista inglês, que nasceu em Freshwater, estudou em Oxford University, em 1653, nesse período começou como assistente de laboratório de Robert Boyle, em 1655, que futuramente colaborou para os estudos sobre gases, se destacando em mecânica.

Figura 5: Representação de ondas que produzem baixas frequências



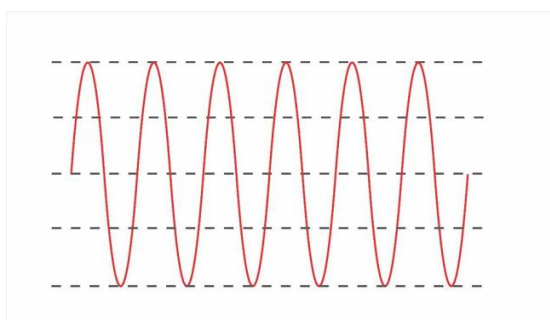
Fonte: produção da autora.

Intensidade sonora e volume de som

As características de uma onda sonora estão diretamente relacionadas à percepção desse som por um ouvinte. Quanto maior for a amplitude da pressão de uma onda senoidal, maior será a intensidade do som produzido (YOUNG e FREEDMAN, 2008, p. 149). A intensidade do som depende da amplitude das vibrações de pressão no interior da onda sonora. Através da intensidade sonora, podemos distinguir os sons fracos e os sons fortes.

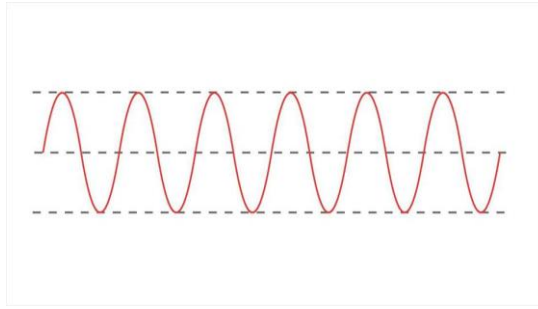
Na Figura 6, observamos a representação de uma onda sonora – que apresenta alta amplitude – de um som intenso produzido, enquanto que na Figura 7 é representada a característica de uma onda equivalente a um som menos intenso. Quanto maior for a quantidade de energia por unidade de tempo que a onda transporta, maior será a intensidade sonora. A intensidade da onda sonora está relacionada com a amplitude da onda, e sua unidade de medida é Watt por metros quadrados (w/m^2). Nas duas representações de ondas sonoras a frequência é a mesma, o que vai diferenciá-las são as amplitudes da pressão sonora. Em que a amplitude de pressão é independente da frequência.

Figura 6: Som mais intenso ou sons mais fortes.



Fonte: produção da autora.

Figura 7: Som menos intenso ou sons mais fracos.



Fonte: produção da autora.

Para calcular a intensidade, temos que:

$$I = \frac{P_{\text{méd}}}{A} \quad (2)$$

temos que:

I : Intensidade sonora [w/m^2];

p : Potencia média [w];

A : Área da superfície esférica [m^2].

Caso uma fonte pontual emita ondas uniformemente para todas as direções, a sua energia será distribuída uniformemente, e sobre uma superfície esférica de raio r e área $A = 4\pi r^2$.

$$I = \frac{P_{\text{méd}}}{4\pi r^2} \quad (3)$$

temos que:

I : intensidade sonora [w/m^2];

$P_{\text{méd}}$: potência média [w];

r : raio da superfície esférica [m].

Onde temos que I é a intensidade de uma onda tridimensional, P é a potência média por unidade de área e temos que a intensidade de uma onda varia com inverso da distância ao quadrado (TIPLER, 2016, p. 515).

Variação da intensidade com a distância

Uma fonte sonora varia sua intensidade com a distância de uma fonte real de forma bastante complexa. Um exemplo que podemos citar é o alto-falante que pode emitir som em apenas certas direções, o som que é emitido produz eco se acaba superpondo-se às ondas sonoras originais (HALLIDAY, 2011, p. 158).

O som pode fazer uma taça quebrar, para isso, o som precisa produzir uma onda estacionária e se sua intensidade for elevada, a taça pode quebrar.

Timbre

Quando temos dois instrumentos musicais, e os dois tons produzidos por instrumentos diferentes podem ter a mesma frequência fundamental, porém estes são percebidos de maneiras diferentes em virtude a presença de quantidades de diferentes harmônicos (YOUNG, 2008, p. 145). O que permite distinguir esse som é conhecido como **timbre**.

2.2.6 Velocidade de Ondas

Velocidade é a distância percorrida em determinado intervalo de tempo. O som, por exemplo, leva certo intervalo de tempo para ouvirmos. Um exemplo é o trovão que só escutamos após o relâmpago ser visto mesmo ambos ocorrendo simultaneamente. **Mas como isso é possível?** A explicação é simples, a luz não precisa de um meio para se propagar e possui uma velocidade muito maior do que a do som. Assim, a luz do relâmpago é vista por nossos olhos antes que o som do trovão chegue aos nossos ouvidos. Mas essa velocidade depende das condições do vento, da temperatura e da umidade. Ela não depende do volume do som ou da sua frequência.

O som ao se propagar em uma temperatura de 0°C terá uma velocidade de 330 m/s (metros por segundos), já para temperatura de 30°C sua velocidade é 340 m/s. Independe de quanto seja sua a frequência ou o seu volume, a velocidade do som, em um determinado meio, permanece a mesma. A velocidade do som depende do meio que está se propagando. A seguir trataremos mais sobre a velocidade, iremos discutir mais sobre os meios de propagação, como: sólidos, líquidos e gasosos.

Velocidade de Onda em Cordas

A velocidade de qualquer onda mecânica tanto transversal quanto longitudinal depende tanto das propriedades dos inerciais do meio (para armazenar energia cinética) quanto das propriedades elásticas (para armazenar energia potencial) (HALLIDAY, 2011, p. 150).

Temos que a velocidade das ondas depende das propriedades do seu meio de propagação e independente do movimento e da fonte da onda. Um exemplo: a velocidade do som produzido pela buzina de um veículo depende da propriedade do ar, e não do seu movimento.

Ao impulsionar uma corda, pode-se demonstrar que quando maior for a força de tração na corda, maior será a velocidade de propagação das ondas. Logo, a onda se propagará mais rapidamente em uma corda leve que em corda mais pesada, a qual esteja sujeita à mesma força de tração fT e mesma massa por unidade de comprimento μ , a velocidade da onda em uma corda é dado pela equação:

$$v = \sqrt{\frac{fT}{\mu}} \quad (4)$$

em que:

v : velocidade da onda [m/s];

fT : Força de tração [N];

μ : massa específica linear da corda [kg/m].

Pode-se observar que, em geral, a velocidade das ondas depende das propriedades elásticas fT e inerciais do meio físico (μ) (TIPLER, 2006, p. 506).

Velocidade de uma Onda Sonora em um Fluido

Como visto anteriormente, a velocidade das ondas depende do meio de propagação, para uma onda sonora em fluido temos que a sua velocidade v é dada por:

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \quad (5)$$

temos que:

v : velocidade da onda [m/s];

B : elasticidade volumétrica [N/m²];

ρ : massa específica [kg/m³].

em que ρ é a massa específica do meio físico, e B é o módulo de bulk. Portanto, a velocidade de propagação de um fluido depende somente do módulo de compressão e da densidade ρ do meio.

temos que:

$$B = -\frac{\Delta P}{\Delta V/V} \quad (6)$$

onde:

B : elasticidade volumétrica [N/m²];

ΔP : variação da pressão [N/m²];

ΔV : variação do volume [m³];

V : volume [m³].

O sinal negativo da equação (6) é introduzido para fazer com que B seja positivo, já que o volume diminui com o aumento da pressão externa. Quanto mais difícil for comprimir um determinado material, menor será a diminuição relativa do volume para determinado aumento da pressão, e conseqüentemente maior será o módulo de bulk (TIPLER, 2008, p. 504).

Para ondas sonoras em gás, temos que o módulo de bulk é proporcional à pressão, e essa pressão é proporcional a sua massa específica ρ e T a temperatura absoluta do gás. A relação $\frac{B}{\rho}$ é independente da massa e proporcional a temperatura T .

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \quad (7)$$

onde:

v : velocidade da onda sonora [m/s];

γ : constante que depende do gás;

R : constante universal do gás [$\frac{J}{\text{mol.K}}$];

T : temperatura absoluta do gás [k];

M : massa molar do gás [kg/mol].

Logo, temos que a velocidade do som em um gás é independente da pressão e cresce com a raiz quadrada da temperatura absoluta. Entretanto, à temperatura de 20°C (corresponde a 293K), a velocidade do som no ar é aproximadamente 344 m/s.

Temos que γ é uma constante que depende do tipo de gás e R é a constante universal do gás ($R = \frac{8,314\text{J}}{\text{mol.K}}$), e M é a massa molar do gás ($M = \frac{29 \times 10^{-3}\text{kg}}{\text{mol}}$).

Velocidade do Som em um Sólido

Quando uma onda sonora se propaga em um sólido sua velocidade não é a mesma que em um gás ou em um fluido. Uma barra pode se deformar lateralmente quando comprimida longitudinalmente, enquanto o fluido no interior de um tubo com seção reta uniforme não pode se deformar lateralmente (YOUNG, 2008, p. 146).

$$v = \sqrt{\frac{\gamma}{\rho}} \quad (8)$$

temos que:

v : velocidade de propagação do som longitudinal em uma barra sólida [m/s];

γ : é o módulo de Young;

ρ : densidade do meio [kg/m³].

2.2.7 Reflexão de ondas

As ondas sonoras quando atingem obstáculos sofrem reflexão. Quando emitimos sons ou geralmente escutamos um som emitido por uma determinada fonte, podemos ouvir dois tipos de sons: o som que emitimos e o som refletido.

A reflexão de uma onda ocorre sempre que ela encontra um obstáculo. Esse fenômeno recebe o nome de pulso refletido.

2.2.8 Eco

Quando se consegue a definição entre o som emitido e o som refletido, chamamos esse fenômeno de eco. Para que a pessoa consiga definir a diferença de som refletido e eco ela deve se encontrar a uma distância superior a 17 metros do determinado obstáculo. Pois o som emitido deve chegar até o ouvinte com o atraso superior a 0,1 s. Sabemos que a velocidade do som é aproximadamente 340 m/s (FILHO e SILVA, 2017, P. 319).

Os navios utilizam um aparelho chamado sonar, em que seu funcionamento se dá através do eco. Através desse aparelho é possível de fazer a detecção de submarinos ou medir a profundidade do oceano. Para medir a profundidade é necessária a emissão, reflexão e recepção de ondas sonoras de alta frequência. Pode-se também fazer a localização de cardumes de peixes.

2.2.9 Relação entre Densidade e Pressão

Para certa mudança de densidade, qual será a mudança de pressão correspondente? Geralmente uma dada massa de fluido m (massa medida em grama) que está ocupando um volume V , ao ser submetida uma variação de pressão ($\Delta P > 0$) faz com que ocorra uma diminuição ($\Delta V < 0$) no volume, em que a magnitude corresponda a $-\Delta V/V$, e a razão:

$$K = -\frac{\Delta V/V}{\Delta P} \quad (9)$$

K : compressibilidade do fluido [$\text{m s}^2 \text{ kg}^{-1}$];

ΔV : variação de volume [kg/m^3];

V : volume [kg/m^3];

ΔP : variação de pressão [N/m^2].

Quanto maior for o módulo de compressibilidade do fluido, quanto mais compressível este será e, maior será a variação percentual da variação do volume devido à variação da pressão.

Chamamos B o inverso de K , que é o módulo da elasticidade volumétrica:

$$B = \frac{1}{K} \quad (10)$$

logo:

B: elasticidade volumétrica [N/m²];

K: compressibilidade do fluido [m s² kg⁻¹];

Ao substituímos a Equação (9) em (10), obtemos:

$$B = \frac{1}{\frac{\Delta V}{V/\Delta P}}$$

$$B = - \frac{\Delta P}{\Delta V/V} \quad (11)$$

temos que:

B: elasticidade volumétrica [N/m²];

ΔP : variação da pressão [N/m²];

V: volume [m³];

ΔV : variação do volume [m³].

Sabendo que a densidade do fluido é:

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (12)$$

lembrando que:

ρ : densidade do fluido [kg/m³];

M: massa molar [kg];

V: volume [m³].

Logo, o volume é:

$$\Delta \rho = -M \frac{\Delta V}{V^2}$$

$$\Delta \rho = - \frac{M}{V} \frac{\Delta V}{V} \quad (13)$$

onde:

$\Delta \rho$: variação de densidade do fluido [kg/m³];

M: massa molar [kg];

ΔV : variação do volume [m³];

V: volume [m³].

Sabemos que $\frac{M}{V} = \rho$, substituindo na Equação (13), temos que:

$$\Delta\rho = -\rho \frac{\Delta V}{V} \quad (14)$$

onde:

$\Delta\rho$: variação de densidade [kg/m³];

ρ : densidade do fluido [kg/m³];

ΔV : variação do volume [m³];

V : volume [m³].

Logo,

$$V = -\rho \frac{\Delta V}{\Delta\rho} \quad (15)$$

V : volume [m³].

ρ : densidade do fluido [kg/m³];

ΔV : variação do volume [m³];

$\Delta\rho$: variação de densidade [kg/m³].

Substituindo a Equação (15) em (11), obtemos:

$$\begin{aligned} B &= -\rho \frac{\Delta P}{\Delta V} \frac{\Delta V}{\Delta\rho} \\ B &= -\rho \left(\frac{\Delta P}{\Delta\rho} \right) \end{aligned} \quad (16)$$

onde:

B : elasticidade volumétrica [N/m²];

ρ : densidade do fluido [kg/m³];

ΔP : variação da pressão [m³];

$\Delta\rho$: variação de densidade [kg/m³].

2.3 Aplicação da Onda Sonora na Medicina

A Física das ondas sonoras está presente em diversos artigos científicos, na medicina, os fisiologistas querem compreender como a fala é produzida, como diminuir a perda de

audição, até mesmo porque as pessoas roncam. Além da utilização em diagnósticos do corpo humano, como: tumores, ossos e fetos, que são aplicações de ondas sonoras em exames de ultrassonografia. Atualmente os sinais de ultrassom são utilizados também para a caracterização de uma grande variedade de estruturas na engenharia. Os engenheiros procuram melhorar as acústicas das salas de concertos, diminuir os ruídos provocados por obras públicas, aeronaves, construção civil, usinas de energia nuclear, vasos de alta-pressão e de dutos de transportes de fluidos.

2.3.1 O Ultrassom: Utilização na Medicina

O uso do ultrassom para diagnósticos na medicina é uma demonstração de aplicação tecnológica que envolve conceitos e princípios físicos.

A ultrassonografia é um dos processos de diagnóstico por imagem mais versátil, que permite a caracterização de órgãos, lesões, funcionamento das válvulas cardíacas dentre outras funções. O surgimento do ultrassom se deu a partir do desenvolvimento do sonar, no período da segunda Guerra Mundial. Esse aparelho é capaz para fazer a detecção de submarinhos ou medir a profundidade do oceano. Para medir a profundidade é necessária a **emissão, reflexão e recepção de ondas sonoras de alta frequência.**

Na medicina, as ondas ultrassônicas são utilizadas para fins de diagnósticos e durante a realização do exame o seu funcionamento se dá através de princípios físicos relativos as ondas sonoras. No transdutor, que é capaz de emitir e receber ondas mecânicas (o som), as ondas ultrassônicas são passadas quando o um pulso é emitido para o interior do corpo, ao encontrar a uma interface de separação entre dois tipos diferentes de tecidos, uma parte do pulso é transmitida e a outra é refletida. A parte que é refletida retorna para o transdutor e este sinal é processado para a construção das imagens tridimensionais do interior do corpo humano.

O ser humano tem uma capacidade de ouvir sons que tem frequência entre 20 Hz a 20 kHz interpretado como som audível, as ondas sonoras com frequências inferiores a 20 Hz são chamados infrassom e para o funcionamento do ultrassom é necessária à produção de ondas sonoras com frequência superior a 20 kHz chamadas de ultrassom, apesar de não serem audíveis, essas ondas correspondem à natureza das ondas sonoras.

Você deve estar se perguntando como essas ondas são geradas? Os ultrassons são gerados a partir da utilização de um cristal de quartzo que é provocado pelo efeito

piezoelétrico, capaz de gerar um campo elétrico que é aplicado em determinados cristais que provoca uma deformação mecânica (NUSSENZVEIG, 2002, p. 137). Esse campo elétrico alternado de alta frequência produz uma vibração dessa frequência, que é capaz de produzir altas frequências que podem chegar a centenas de milhões de Hz, cujo comprimento de onda é tão pequeno quanto o comprimento de onda da luz visível.

Devido a seu pequeno comprimento de onda, as ondas ultrassônicas adquirem várias propriedades de propagação relacionada à luz. A propagação retilínea permite distinguir os feixes de ultrassons e, através da detecção do eco, é capaz de localizar objetos submersos (NUSSENZVEIG, 2002, p. 137).

Durante a formação de imagens, o transdutor é o responsável por emitir pulsos a uma determinada faixa, para o meio a ser investigado. O sinal de eco que retorna ao transdutor é quantificado em tons cinza e a imagem é representada no monitor. Os ecos com maior intensidade são representados por pontos brancos (ou seja, quanto maior a energia do eco mais branco o pico apresentado na tela) e os ecos com menor intensidade são representados por pontos pretos.

2.3.2 Aplicação da Física na Ultrassonografia

A ultrassonografia, exame que é realizado através de ondas sonoras de altas frequências, consiste em ultrassons que funcionam através de ondas transversais e ondas longitudinais. As ondas transversais são ondas que apresentam ultrassom que são perpendiculares a seu movimento, para as ondas longitudinais o ultrassom se movimenta na mesma direção da propagação, “como é o caso das ondas de som que se propagam no ar proveniente de um diapasão, onde a frequência é definida pela repetição dos efeitos da compressão e rarefação dos pulsos emitidos e da amplitude pela intensidade desses pulsos” (LEE, 2010, p.12).

Utilizando a Equação 1, em que a frequência é:

$$f = \frac{1}{T} \quad (17)$$

em que:

f: frequência da onda sonora [Hz];

T: O intervalo de tempo [s].

O distúrbio deve percorrer uma distância λ em um intervalo de tempo T . Logo o comprimento de onda e a frequência estão relacionados com velocidade do som (v_s), dada por:

$$v_s = \frac{\lambda}{T} \quad (18)$$

em que:

v_s : velocidade do som [m/s];

λ : comprimento de onda (a distância entre dois vales ou duas cristas) [m];

T : período [s].

Substituindo a Equação 17 em 18, obtemos:

$$v_s = f\lambda \quad (19)$$

v_s : velocidade do som [m/s];

f : frequência da onda sonora [Hz].

A velocidade do som, expressa matematicamente na Equação (19), pode também ser determinada a partir da relação entre a frequência e o comprimento de onda. A frequência determinada representa a frequência com que sucessivas compressões passam por um determinado ponto, e compressões sucessivas apresentam sempre um comprimento de onda, λ , à parte.

Portanto, o produto da frequência pelo comprimento de onda dará a distância total percorrida pela onda a cada segundo - em outras palavras, a velocidade (AMADOR KANE, 2009).

O ultrassom possui velocidade de transmissão que depende da massa e da distribuição do material de propagação, além da força de tração das partículas. A velocidade de transmissão cresce com o aumento da força de tração do material e, diminui com o aumento da massa dessas partículas (LEE, 2010).

$$v_s = \sqrt{\frac{k}{\rho}} \quad (20)$$

temos que:

k : é o módulo de elasticidade [$\text{kg m}^{-1}\text{s}^{-2}$];

ρ : densidade do material [kg/m^3].

A Equação 20 implica que o som viaja com diferentes velocidades com densidades diferentes e rigidez. De acordo com Kane, (2009):

“Uma passagem onda vai mover uma corda densa mais devagar do que uma mais leve, e, de fato, as ondas viajam mais devagar em uma corda mais densa e mais densa meio com maior ρ . Por outro lado, quanto mais firmemente a corda é mantida, mais rapidamente a perturbação viajará; a tensão na corda é análoga a K , o módulo de elasticidade ou rigidez de um material. Ambos destes efeitos são usados em instrumentos de cordas de afinação. Logo, o total comprimento da corda é fixo, o que fixa o comprimento de onda de suas vibrações. A velocidade das vibrações semelhantes a ondas na corda, e daí a sua frequência, pode ser variada apertando a corda, ou usando cordas mais pesadas para as notas mais baixas.” (Kane, S. A. 2009, p. 123).

Logo, as diferentes razões dos tecidos com diferentes densidades e rigidez apresentarão velocidades diferentes, como podemos observar na Tabela 1.

Podemos observar, na Tabela 1, que as mudanças das velocidades do som são devido aos efeitos que permitem que diferentes tecidos possam ser diagnosticados durante a ultrassonografia. Possibilitando assim, a formação da imagem através das ondas sonoras.

Tabela- 1 Velocidade de Propagação de Ondas.

Material	Velocidade do som, v_s (m/s)	Impedância acústica, z [kg/ (m ² . s)]
Ar	344	4.10 ²
Gordura	1440	1,3. 10 ⁶
Água	1500	1,5. 10 ⁶
Músculos	1570	1,65. 10 ⁶
Osso	3500	7,8.10 ⁶

fonte: Kane, S. A. 2009, p.122. (Traduzida pela autora).

2.3.3 Fenômeno da Reflexão na Ultrassonografia

Na ultrassonografia, o fenômeno da reflexão ocorre através do transdutor, que emite feixes de ultrassom, e ao incidir sobre os tecidos ocorrem basicamente dois tipos de sinais que são refletidos e retornam ao transdutor. De acordo com Kane (2009), esses sinais são

diretamente proporcionais à dimensão da superfície que é atingida pelo feixe de ultrassom e o comprimento de onda desse feixe. O primeiro feixe de ultrassom é denominado fenômeno de reflexão especular do ultrassom, e o outro denominado fenômeno de espalhamento.

O fenômeno de reflexão especular ocorre quando as dimensões são maiores que o seu comprimento de onda. O segundo ocorre quando o feixe de ultrassom incide e sua dimensão é muito menor que o seu comprimento de onda.

2.3.4 Impedância Acústica

A impedância acústica está relacionada à dificuldade ou resistência da passagem das ondas sonoras. Quando as ondas sonoras atravessam uma interfase que apresentam dois meios distintos, se eles possuírem a mesma impedância não ocorrerá reflexão e essa onda será transmitida para o segundo meio. Caso exista impedância entre os dois meios a onda sofrerá reflexão, por isso, usa-se durante a ultrassonografia um gel que evita a interposição do ar que dar a grande diferença de impedância acústica, que provoca a reflexão da quase totalidade das ondas sonoras.

Durante a ultrassonografia, parte do sinal emitido passa e outra parte sofre reflexão, semelhante ao fenômeno da luz ao incidir em um meio translúcido de acordo com a lei da óptica. O nível de reflexão depende das impedâncias acústicas entre dois tecidos. A impedância acústica e a velocidade sonora estão relacionadas com o comportamento da onda acústica na interfase entre dois meios distintos (LEE, 2010, p.15).

A impedância é dada pela seguinte equação:

$$z = \rho \cdot v \quad (21)$$

em que:

z: impedância acústica [kg/m². s];

ρ : densidade [kg/m³];

v: velocidade do som nominal [m/s].

Uma grande diferença de impedância leva a um grande nível de reflexão, um exemplo é quando ocorre uma interfase entre o tecido osso e mole ou tecido mole e ar. (LEE, 2010, p.16). Nos tecidos moles ocorre uma baixa reflexão.

3 PERCURSO METODOLÓGICO

Neste capítulo, descrevemos o percurso metodológico utilizado em nossa pesquisa, cujo objetivo principal é apresentar uma proposta de ensino baseada no desenvolvimento de recursos didático-pedagógicos que favoreçam o Ensino de Física para turmas, do segundo ano, do Ensino Médio Regular através de uma abordagem investigativa com enfoque em ACT, com o intuito de despertar interesse dos estudantes pelo estudo da Física, dessa maneira, fazer com que estes venham a compreender os fenômenos e conceitos físicos envolvidos na formação da imagem durante a realização do exame de ultrassonografia/ecografia. Para tanto, construímos uma sequência de ensino investigativa como recurso pedagógico para o desenvolvimento e construção dos conceitos de Física relacionados ao estudo de Ondas Sonoras.

Para alcançar os objetivos propostos neste estudo, privilegiamos a abordagem qualitativa, a qual, segundo Minayo (2008), trabalha com o universo dos significados, dos motivos, das aspirações, das crenças, dos valores, das atitudes, enfim, com todos esses fenômenos humanos que fazem parte de um contexto social, de uma realidade vivida e compartilhada com outros semelhantes. Assim, entendemos que esse nível de realidade não é mensurável, precisa ser descrito e analisado pelo pesquisador. Segundo André (2013):

“As abordagens qualitativas de pesquisa se fundamentam numa perspectiva que concebe o conhecimento como um processo socialmente construído pelos sujeitos nas suas interações cotidianas, enquanto atuam na realidade, transformando-a e sendo por ela transformados. Assim, o mundo do sujeito, os significados que atribui às suas experiências cotidianas, sua linguagem, suas produções culturais e suas formas de interações sociais constituem os núcleos centrais de preocupação dos pesquisadores. Se a visão de realidade é construída pelos sujeitos, nas interações sociais vivenciadas em seu ambiente de trabalho, de lazer, na família, torna-se fundamental uma aproximação do pesquisador a essas situações.” (ANDRE, 2003, p. 97).

A pesquisa qualitativa se ocupa com um nível de realidade que não pode ou não deve ser quantificado, ou seja, esse tipo de pesquisa como ressalta André (2013), quando é voltada para investigar fenômenos educacionais no contexto natural, os estudos passam a ser instrumentos valiosos, pois o contato direto e prolongado do pesquisador com os eventos e situações investigadas possibilita descrever ações e comportamentos, captar significados, analisar interações, compreender e interpretar linguagens, estudar representações, sem desvinculá-los do contexto e das circunstâncias especiais em que se manifestam. Facilitando assim, descrever a complexidade de problemas e hipóteses, bem como analisar a interação

entre variáveis, compreender e classificar determinados processos sociais, oferecer contribuições no processo das mudanças, criação ou formação de opiniões de determinados grupos e interpretação das particularidades dos comportamentos ou atitudes dos indivíduos.

3.1 Elaboração da Proposta de Intervenção

Escolha dos integrantes da pesquisa e da turma a participar da intervenção: a turma escolhida é constituída de estudantes tanto da zona rural quanto da zona urbana moradores da cidade de Alagoa Nova- PB, pertencentes a uma escola estadual de rede pública de ensino, cursando o nível médio de ensino na modalidade regular.

A escolha do tema a ser abordado: A escolha do tema sobre ondas sonoras se deu, pela grande importância da sua aplicação na medicina e por relacionar aos interesses dos estudantes que almejam uma carreira acadêmica na área de saúde, com prioridade para o curso de medicina. Buscando sempre uma maneira de fazer com que os estudantes tenham a curiosidade e interesse pelo estudo de Física, uma maneira de chamar atenção é relacionar o conteúdo de Física com aquilo que eles gostam ou tem interesse em buscar aprender. Para isso, utilizamos os equipamentos tecnológicos utilizados em alguns exames médicos, como é o caso do exame de ultrassonografia.

Definições dos problemas propostos: A escolha de cada situação problema teve como intuito trabalhar com a resolução de problemas, para que assim pudessemos proporcionar uma maior participação dos estudantes no sentido de buscarem as soluções para esses problemas através da investigação. Com isso, pensamos em evitar ao máximo a aplicação direta de equações sem a compreensão do verdadeiro significado físico dos fenômenos expressos no problema.

Estruturação da proposta de intervenção: A proposta foi dividida em quatro encontros com durabilidade de 90 minutos cada e elaborada no formato de sequência de ensino investigativa. Nos encontros, trabalhamos com situações problemas com o objetivo de conduzir para uma construção de conceitos envolvidos na situação. No último encontro foi desenvolvida uma atividade experimental que tinha como intuito trabalhar a formação de imagem a partir do som.

3.2 O contexto da Pesquisa

A pesquisa ocorreu na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Monsenhor José Borges de Carvalho situada no município de Alagoa Nova localizada na Paraíba, tomando como amostra uma turma do segundo ano do Ensino Médio. A turma era composta 24 estudantes, em uma faixa etária de 15 a 17 anos de idade.

3.3 Ferramentas de coleta de dados

Durante as nossas aplicações, utilizamos como ferramentas de coletas de dados os registros das falas dos estudantes, através do gravador de voz, vídeos e as respostas deles a questionamentos e aos problemas utilizados durante a realização de todas as etapas da intervenção, os dados coletados foram de suma importância para a descrição dos resultados. O registro das falas não se constitui em entrevistas, mas apenas uma forma de garantir que os seus pensamentos fossem gravados e melhor entendidos durante a nossa discussão de resultados. Além disso, precisávamos fazer alguns registros fotográficos da turma trabalhando durante a realização de todos os encontros.

3.4 Avaliação da Proposta

A avaliação da proposta foi feita a partir da comparação das atitudes desenvolvidas e comportamentos dos estudantes, grupo focal, previamente escolhido e acompanhado durante o ano letivo e junto com a aplicação da proposta. A nossa proposta não tem como objetivo analisar a aprendizagem dos estudantes, mas verificar o desempenho e participação destes durante o desenvolvimento de toda a proposta de ensino.

A escolha do grupo focal do estudo se deu a partir do critério do desempenho acadêmico e atitudes e comportamentos dos estudantes. Durante o ano letivo, foram escolhidos oito estudante, destes, dois são considerados “ótimos” ou “bons” estudantes, que têm como características sempre estarem participando, fazendo perguntas e resolvendo todas as atividades sem deixar acumular. Três são considerados intermediários, os quais são avaliados com um nível regular durante as atividades. E três são estudantes com rendimento insatisfatório e não apresentam participação nas aulas de Física, estes sentem muita

dificuldade durante a execução de atividades e resolução de problemas, no geral não demonstram interesse e têm baixo rendimento nas atividades avaliativas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, descrevemos os resultados do nosso estudo e realizamos algumas discussões acerca da proposta de intervenção aplicada. Para facilitar a compreensão da leitura, dividimos em três tópicos; no primeiro descrevemos sobre a elaboração da proposta de intervenção, no segundo realizamos o relato da experiência vivenciada e no terceiro dissertamos sobre a avaliação da intervenção e do produto educacional.

4.1 Elaboração da Proposta de Intervenção

De acordo com que apresentamos no capítulo 3, a nossa proposta foi desenvolvida a partir de alguns pontos a serem considerados como: a escola, os participantes que compõem a pesquisa, bem como o tema a ser abordado, o qual priorizamos por um tema que pudesse despertar a atenção do público em questão. Na nossa proposta, tivemos como aporte teórico a Abordagem Investigativa e Problematizadora com enfoque em Alfabetização Científica e Tecnologia (ACT) no Ensino de Física.

A proposta de ensino foi elaborada em um formato de sequência de ensino investigativa e se estrutura em quatro encontros com duração de 90 minutos. Cada encontro aborda um tema central e são apresentados aos estudantes situações problemas para que os mesmos construam possíveis soluções para resolvê-las.

Apresentaremos, a seguir, de modo sintetizado, o tema central e os objetivos de cada encontro que constitui a sequência de ensino.

O primeiro encontro tem como tema central a Física nos exames de Ultrassonografia/Ecocardiograma e tem como objetivo compreender a importância da Física para a Medicina e o funcionamento da ultrassonografia, através do entendimento das ondas sonoras. Durante esse encontro, os conteúdos trabalhados foram: ondas mecânicas, pulsos e princípios introdutórios sobre o funcionamento dos exames de Ultrassonografia.

No segundo encontro, o tema central foi “Ondas Sonoras” e teve como objetivo a compreensão da natureza das Ondas e dos conceitos básicos sobre ondas, utilizamos para esse

momento o recurso das simulações disponíveis no PHET². Durante esse encontro, os conteúdos ministrados foram: a natureza da onda, direção de propagação, vibrações, período e frequência sonora.

O terceiro encontro teve como temática geral “Ondas sonoras” e tivemos como objetivo estudar a importância das ondas sonoras para o funcionamento do Ultrassom/ Ecocardiograma utilizando vídeos como recurso didático. Durante a realização desse encontro, apresentamos dois vídeos os quais tratavam dos princípios básicos do funcionamento da ultrassonografia e aplicação das ondas sonoras para o seu funcionamento.

E por fim, o quarto encontro, que tivemos como ponto central o questionamento: É possível enxergar o som? Tivemos como objetivo compreender os conceitos físicos sobre ondas sonoras a partir de uma atividade experimental. Nesse encontro, os estudantes realizaram a atividade experimental analisando a frequência sonora e observando o fenômeno da formação de imagem equivalente a cada frequência.

4.2 Relato da Utilização da Proposta: Experiência da Proposta

Primeiro Encontro:

O primeiro encontro ocorreu no dia sete de novembro de 2018 em duas aulas, com duração de noventa minutos. Durante o desenvolvimento dessa aula, foram montadas oito equipes, com três pessoas em cada. A turma era composta de 24 alunos, no entanto apenas 23 estudantes participaram das intervenções, uma vez que uma estudante estava fazendo intercâmbio no Canadá durante esse período, que é um programa oferecido pelo governo do estado da PB, conhecido como “projeto Gira-mundo”. Foram montadas sete equipes com três pessoas cada e uma equipe com duas pessoas, totalizando em oito equipes.

O primeiro encontro foi dividido em três momentos. No primeiro momento, a intenção era a de fazer com que os estudantes participassem ativamente da aula, e para isso, a professora iniciou com a seguinte pergunta:

É possível enxergar o som?

Essa pergunta foi o suficiente para que surgissem diversos comentários por parte dos discentes. Muitos dos estudantes falaram que “não” era possível enxergar o som.

² PHET University of Colorado: Projeto do Departamento de Tecnologia Educacional da Universidade do Colorado, disponibiliza gratuitamente simulações para o ensino de Física, Química, Biologia e Matemática. Endereço: <http://phet.colorado.edu/index.php>.

Por questões éticas preferimos não identificar o nome dos estudantes. Identificando assim, com as letras do alfabeto.

De modo geral, os estudantes justificaram suas respostas acerca da pergunta, com um pensamento muito aproximado da ideia exposta pelo estudante B.

Estudante B: *“impossível enxergar o som, se tivesse como enxergar a gente via a voz, coisa que não acontece no dia a dia. Por exemplo, a senhora ao falar, a gente não ver o som, só pode ouvir à senhora”*.

Apenas um único estudante afirmou que era possível enxergar o som. O mesmo veio a desenvolver o determinado comentário:

Estudante A: *“acredito que é possível sim enxergar o som, através de algum equipamento específico podemos enxergar o som”*.

Após toda uma discussão, acerca dos diversos argumentares dos estudantes sobre a possibilidade de enxergar a luz, e ainda sem uma resposta conclusiva, foi feita a seguinte pergunta:

Alguém já ouviu falar na ultrassonografia?

Todos os estudantes responderam que sim.

Para que serve?

E os comentários dos estudantes foram o seguinte: “o objetivo da ultrassonografia é realizar exame para verificar se está doente, realizar exame que possa verificar o sexo da criança, verificar se o bebê tem algum problema”. Esses foram os argumentos apresentados pelos estudantes sobre a ultrassonografia.

Logo em seguida, com o auxílio do Datashow a professora utilizou as imagens que são apresentadas nas Figuras 8 e 9 para fazer uma introdução a seguinte situação problematizadora: As imagens apresentadas são produzidas durante alguns exames médicos, como é o caso do ecocardiograma e da ultrassonografia, que é uma técnica de imagens muito utilizadas na medicina. **Do ponto de vista de vocês, como essas imagens são formadas?**

Figura 8: imagem de um exame de ecocardiograma.



Fonte: <<http://www.rsaude.com.br/bauru/materia/o-que-e-ecocardiograma/9748>>
Acesso: 07/11/2018.

Neste momento da aula, os estudantes foram bastante participativos, eles construíram e apresentaram diversos argumentos. Abaixo apresentamos alguns argumentos desenvolvidos durante a realização da aula.

Estudante M: *“Acredito que a imagem representada apresenta o comportamento do batimento do coração. O batimento faz com que ocorra esse movimento de sobe e desce apresentado na imagem.”*

Estudante A: *“O batimento do coração, quanto mais rápido o batimento maior ser a altura dessa linha”*.

Estudante B: *“Deve ser o som. Mas não sei explicar”*.

Ao continuamos a aula, foi mostrada a imagem exposta na Figura 9, que se referente a realização do exame de ultrassonografia. Fizemos a seguinte pergunta: **Mas, o que é necessário para que o ultrassom forme essa imagem?**

Figura 9: exame de ultrassonografia para a verificação do feto da criança.



Fonte: <<http://radiologia.blog.br/>>.
Acessado: 07/11/2018.

Uma estudante logo questionou sobre a formação de imagem na ultrassonografia, com a seguinte argumentação:

Estudante M: *“A imagem formada durante a realização de exame de ultrassonografia é apresentada através do uso de um aparelho que ao colocar na barriga da mãe provoca uma espécie de movimento e esse movimento é o responsável em produzir a imagem”*.

Será que as imagens formadas no ecocardiograma e na ultrassonografia tem a mesma explicação?

Nesse momento, os estudantes começaram a argumentar, um com os outros, sobre a possível relação entre os dois exames. Alguns argumentos apresentados pela a turma foram:

Estudante D: *“Professora, acredito que não, pois os dois exames são diferentes”*.

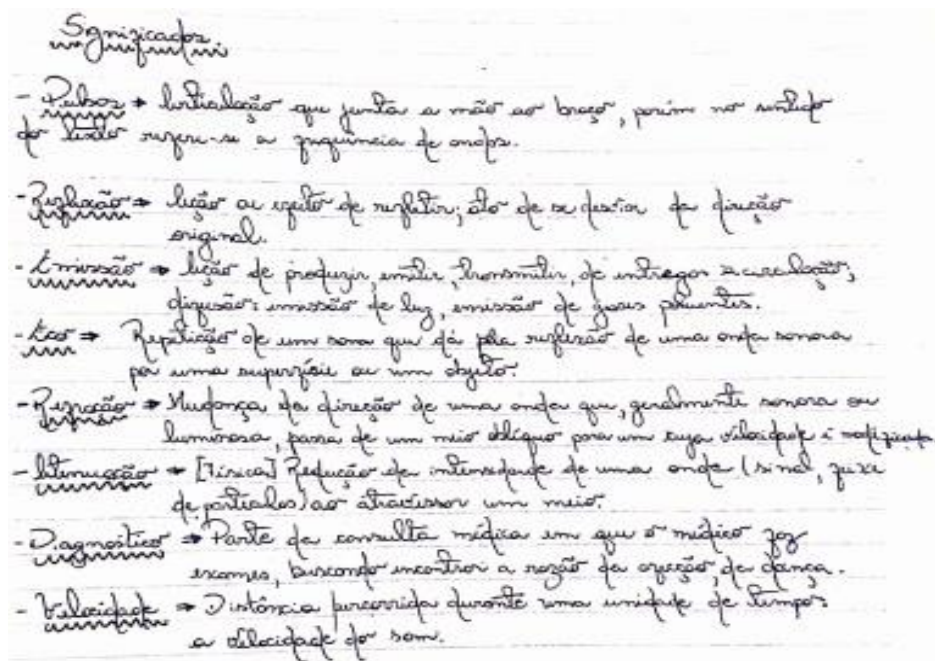
Estudante M: *“Acho que sim, pois ambos são utilizados para formar imagens, a diferença é que um é utilizado para verificar se tem algum problema no coração e o outro para verificar o sexo do bebê. Isso significa que só muda a parte do corpo que vai ser avaliada ou observada, mas os dois exames formam imagens”*.

Para concluir esta aula, foi distribuído um texto sobre o funcionamento da ultrassonografia/ecocardiograma (o texto se encontra no anexo A). Com o auxílio desse texto, os estudantes responderam um questionário e preencheram uma cruzadinha.

No texto utilizado continha palavras que os estudantes não sabiam seus significados, foi solicitado que eles, com ajuda de dicionários, internet e livros buscassem os significados das palavras. Na Figura 10, podemos observar os significados encontrados por uma das equipes.

A cruzadinha foi criada com o objetivo de centralizar as palavras chaves que estão citadas no texto e têm relação com o princípio de funcionamento da ultrassonografia.

Figura 10: Significados encontrados por uma das equipes participantes da aula.



Fonte: Fotografia Própria.

Essa última etapa teve como função fazer com que os estudantes compreendessem mais sobre o funcionamento da ultrassonografia e como a imagem é formada durante a realização do exame.

Segundo Encontro:

O segundo encontro foi realizado em duas aulas, com duração de quarenta e cinco minutos cada uma, este encontro ocorreu no dia quatorze de novembro de 2018. Para a realização desta aula foi necessário o auxílio de um notebook com o Datashow. A turma foi dividida em sete equipes. A cada equipe foi entregue uma tirinha, que podemos observar na Figura 11, com o propósito de problematização inicial, para que através de sua análise os estudantes construíssem e apresentassem diversos conceitos sobre ondas sonoras. A aula foi introduzida a partir da leitura da tirinha, em seguida, os estudantes responderam aos questionamentos problematizadores da investigação.

Figura 11: Tirinha utilizada como situação problema inicial (propagação de ondas sonoras).



Fonte: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/>>.

Acessado: 14/11/2018

Após a leitura da tirinha, por parte dos estudantes, foi feito o seguinte questionamento:

O que é necessário para produzir um som?

Estudante B: “*é necessário fazer barulho*”.

Estudante A: “*não necessariamente fazer barulho, uma música, por exemplo, pode ser um som, e para outra pessoa pode ser um barulho*”.

Estudante M: “*O som é produzido a partir de algum instrumento*”.

Professora: “*Existe diferença entre som e barulho*”?

Estudante B: “*Eita!! Existe sim. Barulho é algo insuportável, que nossos ouvidos não gosta de escutar, diferente do som*”.

Professora: “*Barulho ou ruído*”?

Estudante B: “*a senhora está me confundindo todo! Mas, o ruído na verdade que é insuportável e nossos ouvidos ficam incomodado quando o escutamos. Já o barulho está relacionado com a altura do som*”.

Quando o estudante mencionou que o barulho está relacionado à altura do som, foi necessário explicar que o volume do som está relacionado com a intensidade sonora. Nesse momento, foi explicado para o estudante a diferença entre o som, o barulho e o ruído.

Professora: *“Mas o que está relacionado quando o volume do som, não é a altura, mas sim a intensidade sonora”.*

Estudante B: *“então, professora, por isso que a senhora manda a gente diminuir a intensidade sonora.” “Agora entendi”.*

Professora: *“Retornando a pergunta anterior, como o som é produzido? Quando eu estou falando, eu estou produzindo o que? A nossa voz, como ela é produzida?”.*

Estudantes: *“som.”*

Estudante A: *“ocorre vibrações nas cordas vocais”.*

Estudante M: *através das cordas vocais, provocam vibrações produzindo assim, o som.*

Ocorrem vibrações quando o telefone toca?

Todos os estudantes responderam que durante o toque do telefone ocorrem vibrações.

O que essas vibrações provocam?

Estudante M: *“essas vibrações são responsáveis de produzirem um som”.*

Estudante R: *“as vibrações vão produzir um movimento”.*

Estudante C: *“o som”.*

Estudante J: *“essas vibrações vão provocar as ondas sonoras”*

Se essas vibrações provocam o som, qual a natureza dessa onda produzida durante o toque do telefone?

Os estudantes não conseguiram responder imediatamente à pergunta, e durante a realização desta aula foi necessário explicar que a natureza da onda está relacionada se ela é uma onda mecânica ou se é uma onda eletromagnética. Muitos estudantes perguntaram a diferença entre onda mecânica e onda eletromagnética. A partir daí então, explicou-se que uma onda mecânica são aquelas ondas que precisam de um meio material para se propagar. Já onda eletromagnética não necessita de um meio para se propagarem.

Estudante A: *“o que seria esse meio material”?*

Professora: “*esse meio material pode ser os três estados físico da matéria, os estados: sólido, líquido ou gasoso*”.

Estudante J: “*é uma onda eletromagnética*”.

Estudante R: “*através de onda eletromagnética invisível*”.

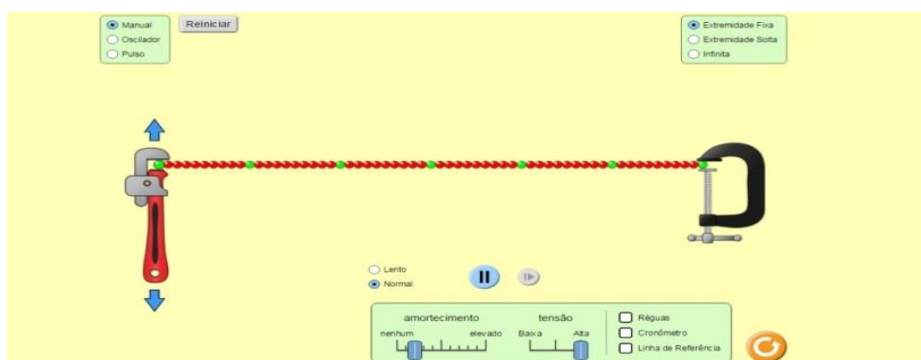
Estudante A: “*a onda sonora u seja o som é uma onda mecânica, pois para chegar a nossos ouvidos é necessário um meio material*”.

Professora: *peço, quando eu estou falando, eu estou emitindo um som, e esse som, é uma onda sonora? E o que é necessário para essa onda sonora chegue até vocês?*

Estudante A: “*bom, se observamos direito no dia a dia podemos perceber os diferentes sons que são produzidos, acredito que o som é sim uma onda mecânica e que para chegar até nossos ouvidos o som se propaga no ar, que é um meio material*”.

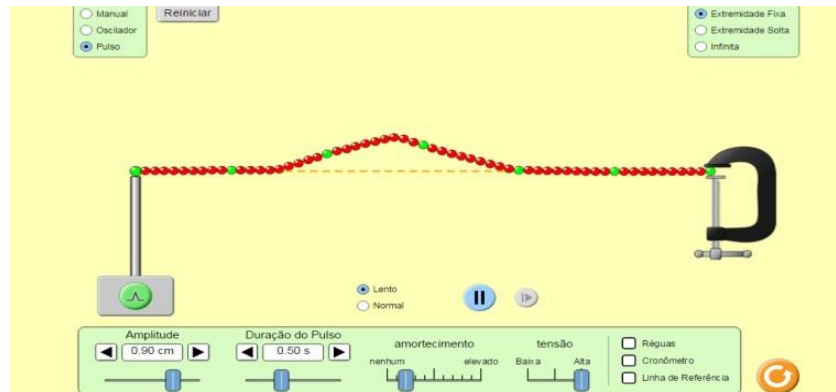
Finalizando o segundo encontro, ainda com a turma dividida em equipes, cada equipe escolheu um estudante como o responsável em manusear a simulação PHET. O estudante durante a realização da atividade foi solicitado para selecionar a opção pulso e logo em seguida fazer alterações na frequência e no período, os demais estudantes foram responsáveis por descrever o fenômeno observado. Nas Figuras 12 e 13, podemos observar a simulação PHET do simulador de ondas.

Figura 12: Simulação PHET, simulador de onda.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/wave-on-a-string>. Acessado: 14/11/2018.

Figura 13: Representação de um pulso, realizado na ferramenta PHET.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/wave-on-a-string>.
Acessado: 14/11/2018.

Durante o experimento realizado através da ferramenta PhET fizemos algumas perguntas acerca da prática realizadas. A seguir, descrevemos as respostas dos alunos:

Explique o que é um pulso?

Estudante R: *“Pulso é quando eu balanço a corda”*.

Estudante A: *“Quando eu pego algo e mexo”*.

Estudante B: *“Pulso é o que fica batendo, quando se vai verificar o coração”*.

O que é necessário para gerar um pulso?

Estudante M: *“é necessário impulsionar, perturbar e assim gerar um movimento”*.

Estudante B: *“Algo que é necessário ser tocado e impulsionando”*.

Estudante A: *“Quando pega uma corda e faz um movimento se estar gerando pulsos”*.

O que ocorre com o pulso ao encontrar uma barreira (ou uma superfície fixa)?

Estudante A: *“Ao encontra uma barreira a onda vai bater e retornar”*.

Estudante M: *“ela volta e retorna de maneira diferente, ou seja, ele volta de maneira invertida”*.

Estudante A: “se prestamos atenção vamos ver que a barreira vai impedir que o movimento passe, fazendo assim ele retornar e esse pulso fica diferente, ou seja, o formato dele volta invertido”.

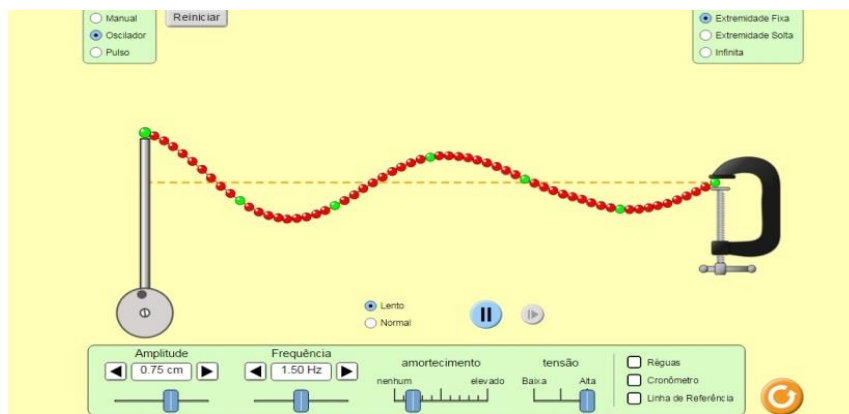
O que ocorre com o movimento do pulso na extremidade solta?

Estudante A: “o pulso vai e volta sem modificar, diferente do que ocorreu no da extremidade fixa”.

Estudante B: “bate e volta”.

Estudante R: “o movimento só fez mudar de sentido sem sofrer alteração”.

Figura 14: Representação de uma onda em corda, através de pulsos consecutivos, realizado na ferramenta PHET.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/wave-on-a-string>.
Acessado: 14/11/2018.

O som ao ser emitido sofre uma reflexão sonora ao encontrar uma barreira (ou superfície)? Por quê?

Estudante A: “acredito que sim, porque é ele não tem como se propagar a não ser que ele volte”.

Estudante M: “sofre reflexão o fenômeno que está relacionando quando algo retorna para o mesmo meio. A gente estudou isso em óptica”.

O que ocorre ao gerar pulsos consecutivos?

Estudante R: *“no momento que é gerado pulsos consecutivos está formando uma onda”*.

O que acontece com o período (tempo) da onda ao aumentamos a frequência?

Estudante A: *“deu para perceber através do experimento que a gente fez, a gente foi aumentando a frequência e o movimento começou a aumentar a rapidez, ou seja, sua velocidade aumentava”*.

Estudante M: *“professora, a nossa equipe chegou a conclusão que ao aumentar a frequência a velocidade da onda vai aumentar, o movimento será bem rápido. Isso significa que a onda vai e volta mais rápido.”*

Professora: *se aumentar a frequência, a onda vai gastar mais tempo ou menos tempo para ir e voltar?*

Estudante A: *“isso significa que o tempo gasto para ir e voltar vai gastar menos tempo”*.

Estudante B: *“ai a onda vai levar mais tempo”*.

Ao diminuir a frequência da onda sonora o período (tempo) vai aumentar ou diminuir? Por quê?

Estudante B: *“ai a onda vai aumentar. Porque a frequência da onda vai demorar mais”*.

Durante este momento, explicou-se aos estudantes que a frequência e o período são grandezas inversamente proporcionais. Significando que quando aumenta a frequência o período diminui e quando diminuía a frequência o período aumentaria.

Terceiro Encontro:

O terceiro encontro ocorreu no dia vinte e um de novembro de 2018, em duas aulas com duração de 90 minutos, apresentamos como tema central a Física ondulatória com sua importância para o funcionamento da ultrassonografia/ecocardiograma. Este encontro foi

dividido em dois momentos: No primeiro momento foi trabalhada a Física ondulatória, e para isso, foi necessário o auxílio do Datashow para apresentação dos slides, notebook e caixas de som para que os estudantes assistissem os dois vídeos que tinham como tema central o funcionamento da ultrassonografia.

O primeiro momento foi desenvolvido a partir de uma aula expositiva e dialogada com situações que envolviam o cotidiano. Com o auxílio do Datashow, apresentamos os conceitos básicos relacionados ao som e sua aplicação durante a realização de alguns exames médicos.

O segundo momento foi dedicado à apresentação de dois vídeos que relatam sobre o funcionamento da ultrassonografia. Os vídeos abordam como ocorre a realização do exame de ultrassonografia, como a imagem é formada e a importância da Física para a realização desse exame. Antes das exposições dos vídeos, foi necessário pedir aos estudantes que prestassem bastante atenção para que pudessem compreender os conceitos físicos. Na Figura 15, podemos observar os estudantes durante a exibição dos vídeos.

Figura 15: Estudantes durante a exibição de vídeos.



Fonte: Fotografia própria

Ao término da exibição dos vídeos, foi solicitado como atividade que os estudantes explicassem com a Física está relacionada ao funcionamento da ultrassonografia, para isso eles deveriam fazer uma espécie de sumarização dos vídeos através de um relato, os estudantes explicaram o funcionamento da ultrassonografia e a Física envolvida para o seu funcionamento. Na Figura 16, podemos observar um desses relatos, referente a uma das equipes.

Figura 16: Relato de uma das equipes, referente aos vídeos assistidos.

1. Os vídeos utilizados durante esta aula abordam o funcionamento da ultrassonografia, tendo como base o exposto no vídeo e o que você compreendeu das discussões em sala de aula, explique a contribuição da física para o seu funcionamento.

As ondas sonoras fazem parte do mesmo estidiano, pois são utilizadas na comunicação através da fala e também da música. Todas as sons conhecidos são produzidos por vibrações. As vibrações se deslocam formando ondas sonoras que são captadas por nossos ouvidos.

Na medicina, o ultrassom é muito utilizado para diagnóstico de doenças cardíacas e em exames preventivos em gestantes. Com o auxílio de um computador, o sistema transmite ondas de ultrassom em todas as direções e detecta o sinal refletido nos diversos tipos de tecidos e osses. Dessa forma, é possível obter a imagem de um feto.

O som é um fenômeno acústico, sons são ondas produzidas pela vibração de um corpo qualquer, transmitida por um meio (gasoso, sólido ou líquido) por meio de propagação de frequências regulares ou não.

Fonte: Fotografia Própria.

De modo geral, os relatos revelaram que os estudantes tiveram uma compreensão inicial acerca dos princípios de funcionamento da ultrassonografia e da relação da Física, mais especificamente dos fenômenos referentes às ondas, com esse exame médico.

Quarto Encontro:

O quarto e último encontro ocorreu no dia vinte e oito de novembro de 2018, com duração de 90 minutos, em que este encontro foi dividido em dois momentos. No primeiro momento foi realizada a atividade experimental, tendo como problematização inicial o seguinte questionamento: **Como é possível enxergar sua própria voz?** No segundo momento foi realizada uma avaliação das aulas e do produto educacional através de alguns questionamentos.

O experimento foi construído pela professora fora do espaço de sala de aula, uma vez que este experimento requer muito cuidado e atenção durante a montagem e ao montar em sala de aula poderia não ocorrer como planejado.

Durante a montagem do experimento foi necessário fazer o reajuste do equipamento várias vezes como, por exemplo, testar qual o melhor material para que ocorresse a reflexão do som e a posterior formação da imagem. Durante a realização dessa aula, a atividade experimental teve como objetivo promover o entendimento por parte dos estudantes que é possível enxergar o som.

Antes de iniciar a atividade experimental, a professora explicou como foram confeccionados o aparato experimental e os materiais que foram utilizados para a produção do mesmo. Logo em seguida, alguns estudantes, representantes das equipes, utilizaram o aparato experimental para a realização da atividade.

Durante a realização do experimento foi utilizada uma tela de projeção, com dimensão 2m x 2m de TNT, como podemos observar na Figura 17, para que o laser fosse mirado, facilitando assim, a visualização das imagens formadas, embora as imagens também fossem visíveis diretamente na parede.

Figura 17: Tela de projeção da atividade experimental.



Fonte: Fotografia Própria.

Trabalhar com a atividade experimental em a sala de aula, se fez necessário, pois a partir de uma aplicação prática, os estudantes conseguiram fazer a associação entre a formação da imagem produzida pelo equipamento e a imagem resultante dos exames de ultrassonografia, e com isso chegaram a concluir que é possível enxergar o som.

Com base na atividade experimental é possível enxergar o som?

Todos os alunos responderam que “sim”.

Estudante A: *“a partir da atividade experimental, quando Lucas falou no equipamento, notamos que uma imagem que parece um círculo se formava no quadro e alterava quando o tom de voz mudava”.*

A atividade experimental desenvolvida durante esta aula tem alguma semelhança com o ultrassom/ecocardiograma?

Estudante M: *“acredito que sim, vimos que a ultrassonografia funciona a partir de ondas de alta frequência e assim forma uma imagem. Ao realizar o experimento vimos que o som não tem uma frequência tão alta como na ultrassonografia, mas tem como formar uma imagem. A imagem formada a partir da onda sonora”.*

Estudante B: *“No começo que a senhora apresentou esse assunto, eu acreditava que não tinha como enxergar o som. Eu até brinquei falando se tivesse como ver o som, era a gente falando e vendo. Mas depois desse experimento eu vi que o som produz uma imagem, mas precisa de um equipamento para que possamos enxergar”.*

Ocorre alteração da frequência?

Estudante A: *“claro que sim, até porque se não ocorresse a imagem ficaria a mesma.”*

Estudante B: *“acredito que sim”.*

Estudante R: *“a frequência vive alterando”.*

Explique qual a importância do espelho utilizado neste experimento?

Estudante M: *“o espelho serve para refletir a luz quando bate e assim vai direcionar a luz para o lugar que a gente escolher. Permitindo a imagem seja formada”.*

Estudante L: *“o espelho serve para que ocorra a reflexão”.*

O som visto na parede altera o formato?

Estudante A: “*altera sim*”.

Estudante B: “*alterou, a imagem não fica a mesma. vai formando de acordo a vibrações produzidas no equipamento*”.

Existe alguma diferença entre a voz feminina e a voz masculina na imagem formada?

Estudante A: “*sim!*”

Estudante B: “*acho que sim*”.

Estudante M: “*sim, professora, pois vimos que as imagens ficaram diferentes na questão a espessura*”.

Como você explica essa diferença?

Estudante M: “*as imagens produzidas ficaram diferentes de acordo com a altura*”.

Estudante R: “*as imagens teve algumas que ficaram maiores e algumas menores.*”

Estudante A: “*diferentes, mas mesmo assim as imagens não ficaram a mesma, sempre foram alternados de acordo com a voz. Ate porque ninguém conseguiu manter o mesmo tom de voz*”.

Alguns alunos deram suas opiniões, sobre o experimento realizado, nesse momento explicou-se aos mesmos que a imagem produzida através da voz é causada pelas cordas vocais e que tem uma frequência sonora, que geralmente a voz feminina produz um som de alta frequência e a voz masculina produz um som de baixa frequência.

Após a realização da atividade experimental, os estudantes responderam alguns questionamentos, os quais versavam sobre os fenômenos e conceitos trabalhados ao longo dos encontros e que puderam ser consolidados através da realização da atividade experimental.

- ✓ O que é necessário para que ocorra seu funcionamento do ultrassom?
- ✓ O que é onda, afinal?
- ✓ A imagem que é formada é alterada? Como se explica isso?
- ✓ O que ocorre ao emitir um som grave? Quando um som é agudo a imagem é formada com alta frequência ou baixa frequência?
- ✓ Explique a contribuição da física para a realização desse exame e a formação da

Os estudantes responderam sem muitas dificuldades aos questionamentos, nas Figuras 18 a e 18 b, mostramos as respostas dadas por dois estudantes pertencentes a equipes diferentes.

Figura 18 (a e b): Respostas de dois estudantes, de equipes diferentes, aos questionamentos finais.

(a)

- 3- Sim, com a alteração da frequência.
- 1- É necessário o uso de um equipamento que seja capaz de formar imagens com alta frequência.
- 4- A imagem diminui. Com alta frequência.
- 2- É um item indispensável no estudo de diversos fenômenos.
- 5- Através da física conseguimos compreender que os sons são ondas produzidas pela vibração, que se propagam em um meio.

Fonte: Fotografia Própria

(b)

- ✓ Através de alta frequência.
- ✓ Onda é uma perturbação periódica de alguma grandeza física que se propaga em um meio material ou no espaço.
- ✓ Sim, alterando a frequência.
- ✓ Baixa frequência, alta frequência.
- ✓ São ondas produzidas pela vibração, que se propagam em um meio.

Fonte: Fotografia Própria

De modo geral, as respostas indicam um entendimento do fenômeno trabalhado e a compreensão de que, é possível sim enxergar o som, destacamos que os estudantes conseguiram perceber a relação direta entre a frequência da onda e forma da imagem produzida, este ponto foi evidenciado por todos eles.

4.3 Análise da Avaliação da Proposta de Intervenção

Para a avaliação da proposta de intervenção e do produto educacional foram acompanhados alguns estudantes durante as aulas de Física no decorrer do ano letivo e durante a aplicação da proposta. Seleccionamos oito estudantes, levando em consideração os critérios já expostos anteriormente, para análise e avaliação. Percebemos que os estudantes que tem bom rendimento escolar participaram mais durante as aulas. Os estudantes considerados regulares (ou intermediários) continuaram com o mesmo desempenho, mas tiveram uma maior participação no que se refere a indagações durante as aulas. Os estudantes que apresentavam baixo rendimento demonstraram mais interesse durante a proposta e alguns deles passaram a questionar mais regularmente, tirando dúvidas e participando ativamente das aulas.

4.4 Caracterização da Mudança de Atitudes dos Estudantes Mediante a Realização da Proposta

Para melhor compreender o perfil dos oito estudantes seleccionados para a avaliação, identificaremos as características em relação às aulas e ao rendimento escolar no bimestre que antecedeu a aplicação da proposta, contendo também as dificuldades a resolução de algumas situações problemas.

- **Estudante 1**

Características Gerais e Desempenho durante as Aulas: Considerada a estudante que mais participa das aulas de Física, apresenta um ótimo desempenho e com as melhores notas, é uma das estudantes que mais demonstra interesse durante as realizações das aulas de Física.

Dificuldade: Não apresenta nenhuma dificuldade relevante.

Modificações do Comportamento: A estudante manteve o caráter questionador e participativo, não apresentou dificuldades em relação às situações problemas, vindo a fazer relação com situações do cotidiano, de acordo com a mesma, as aulas foram interessantes e estimulantes por relacionarem à Física a um recurso tecnológico utilizado pela medicina que é a ultrassonografia.

▪ **Estudante 2**

Características Gerais e Desempenho durante as Aulas: Ótimo estudante; tem participação boa durante as aulas, compreende bem os assuntos trabalhados e sempre vem mostrando interesse pela disciplina em questão.

Dificuldade: Raramente apresenta dúvidas em conceitos e relação a aplicações matemáticas.

Modificações do comportamento: O estudante apresentou dificuldades em relação às situações problemas, mas logo em seguida compreendeu, relacionou algumas situações propostas ao cotidiano e de cunho interdisciplinar. Do ponto de vista do estudante, a atividade foi motivadora e atrativa, deixando-o ainda mais participativo, considerando que as aulas de Física tem mais sentido quando a resolução matemática não é o único aspecto explorado. O único a explicar com clareza que o som poderia ser visto através de um equipamento específico.

▪ **Estudante 3**

Características Gerais e Desempenho durante as Aulas: O estudante não apresenta um bom desenvolvimento durante as aulas de Física, é desinteressado, tem um rendimento intermediário.

Dificuldade: Apresenta muitas dificuldades em relação aos assuntos trabalhados, mas não é de tirar dúvida durante as aulas.

Modificações do comportamento: O estudante modificou seu comportamento durante as aulas, sendo mais atento, e vindo a participar nas aulas, apresentou vários argumentos relativos à discussão, algo que não fazia normalmente durante as aulas de Física regulares.

- **Estudante 4**

Características Gerais e Desempenho durante as Aulas: O estudante apresenta pouco entendimento durante a realização das atividades. Apesar de ser comunicativo, é considerado intermediário em relação a resolução de alguns problemas desenvolvidos em sala de aula.

Dificuldade: Apresenta dificuldades consideráveis e pouco conhecimento em relação ao fenômeno estudando.

Modificações do comportamento: O estudante mostrou mais habilidade na comunicação em relação à resolução de problemas. Veio a fazer perguntas sobre o tema trabalhado tirou dúvidas e questionou bastante durante a aplicação da proposta.

- **Estudante 5**

Características Gerais e Desempenho durante as Aulas: Estudante pouco participativa, não questiona e tem rendimento escolar intermediário, tem um comportamento caracterizado por sua timidez e não interage nas aulas.

Dificuldade: Apresenta várias dificuldades relevantes.

Modificações do comportamento: A estudante veio a ter uma modificação. Mostrou-se mais envolvida e participativa durante as aulas, mantendo-se bastante atenta aos questionamentos, e participando das discussões. Identificamos, a partir de suas falas, que sua compreensão em relação aos conceitos foi satisfatória.

- **Estudante 6**

Características Gerais e Desempenho durante as Aulas: A estudante apresenta a característica de pouca participação, não demonstra muito interesse as aulas, tem um comportamento passivo, não prestando muita atenção, apresentando rendimento escolar insatisfatório. É considerada uma estudante de fraco desempenho.

Dificuldade: Apresenta dificuldades na compreensão dos conceitos, fenômenos e aplicações, além das dificuldades com resoluções de problemas e relações matemáticas.

Modificações do comportamento: A estudante mostrou-se mais atenta e com uma participação moderada. Apresentou uma melhor interação com os grupos e com a atividade o que permitiu que expressasse um melhor entendimento dos conceitos discutidos.

- **Estudante 7**

Características Gerais e Desempenho durante as Aulas: Estudante pouco participativo, não questiona e tem baixo rendimento escolar, tem um comportamento caracterizado por sua dispersão e não presta atenção nas aulas.

Dificuldades: Apresenta dificuldade na compreensão dos conceitos, e nas relações e aplicações ao cotidiano, além das dificuldades com as relações matemáticas e as resoluções de problemas.

Modificações do comportamento: Não se percebeu mudanças de atitude, apesar de ter se mostrado inicialmente atraído pelas aulas, suas participações foram passivas, não se envolveu nas discussões e não fez questionamentos.

- **Estudante 8**

Características Gerais e Desempenho durante as Aulas: Apresenta um baixo rendimento escolar, não se mostra participativo durante as aulas e não busca compreender os conceitos discutidos em sala.

Dificuldades: Apresenta dificuldades com resoluções de problemas e relações matemáticas.

Modificações do comportamento: O estudante apresentou um desempenho razoável e algumas mudanças significativas em relação à resolução de problemas, manteve-se atento durante os questionamentos, levantando hipóteses bastante relevantes nas discussões propostas. Debatendo durante a leitura do texto e questionando junto a sua equipe e as demais.

4.5 Avaliação das Questões Propostas ao Término dos Encontros

Com o objetivo de verificarmos e avaliarmos a nossa proposta de ensino e o produto educacional foram necessários fazer uma discussão acerca das atividades trabalhadas em sala durante a aplicação da proposta. Com intuito de colher dados que nos permitisse avaliar o produto educacional, fizemos a entrega de um questionário, a cada estudante, contendo cinco perguntas relacionadas à proposta aplicada. Durante a aplicação, optamos que os estudantes fizessem os registros por escritos, já que é uma maneira de eles se sentirem mais à vontade para poder expressar suas opiniões.

A seguir, apresentaremos as perguntas utilizadas para a verificação da aplicação, discutiremos as respostas dos estudantes. Para não colocarmos as respostas de todos os estudantes, exporemos apenas as respostas dadas por oito estudantes da turma, os quais integraram também a análise anterior.

A primeira pergunta, na qual os estudantes foram indagados foi: o que você achou das aulas de Física com esse formato diferenciado? Uma boa parte dos estudantes responderem que gostaram da metodologia e acharam interessante relacionar a Física à ultrassonografia, para eles isso ajudou a despertar a curiosidade de cada um. A maioria dos estudantes afirma ter gostado das aulas. A seguir, temos alguns relatos transcritos das respostas dos estudantes a esse questionamento.

Estudante 1: *“foi uma aula boa, pois saiu da rotina”*.

Estudante 2: *“achei muito bom, foi interessante, proveitosa e que fez perceber que a Física tem um papel muito importante para a nossa vida”*.

Estudante 3: *“achei ótimo, pois com aulas desse modo fica mais fácil a compreensão”*.

Estudante 4: *“foi de grande aproveitamento, nos possibilitou pensar e construir análise com relação a outros meios, englobando as propostas sugeridas em sala”*.

Estudante 5: *“interessante, legal e mais fácil de compreender o efeito causado”*.

Estudante 6: *“achei importante, pois saiu daquela mesma rotina que já estávamos acostumados, vendo isso, percebemos que os alunos prestaram mais atenção”*.

Estudante 7: *“mais prática e interessante, aumentou a nossa compreensão do assunto”*.

Estudante 8: *“a aula saiu da rotina e isso foi muito bom”*.

O segundo questionamento feito aos estudantes foi: o que mais te chamou atenção nessas aulas? Destaque cinco pontos que chamaram sua atenção? Notamos que todos os estudantes destacaram três pontos comuns que foram; à utilização da Física na medicina, a metodologia utilizada em relação à maneira que a aula foi ministrada e a relação da explicação do conteúdo a partir de atividade experimental. A seguir está exposto o que foi citado por nosso grupo focal.

Estudante 1: *“a facilidade de compreender o assunto, a utilização da Física na medicina, a utilização de novos materiais, demonstração da*

vibração, a utilização do laser para compreensão das ondas sonoras, demonstração da ultrassonografia”.

Estudante 2: “a forma que a professora estava ensinando, os aparelhos que foram usados, a forma que usamos a Física e a medicina, as atividades trabalhadas, a maneira que foi explicada”.

Estudante 3: “interação, estilo de aula, o experimento, a dinâmica, a realização da atividade experimental e que temos como enxergar o som a partir de uma atividade experimental”.

Estudante 4: “a forma que foi trabalhada, a maneira que tivemos que pensar para responder os exercícios propostos, a forma que foram utilizados equipamentos para compreender o conteúdo”.

Estudante 5: “a imagem que o som faz, a voz feminina, a relação da Física com a medicina, o efeito na escuridão e a relação entre a Física e medicina”.

Estudante 6: “chamou atenção o formato diferenciado, pois ela usou exemplos reais, a propagação de imagens através do laser, a interação que os alunos tiveram com o experimento, podendo eles mesmos toca-los, a contribuição da Física para a medicina e as atividades que colocaram os alunos para pensarem ao invés dos alunos pesquisarem pelo livro”.

Estudante 7: “o experimento, a interação, estilo da aula, a dinâmica, descobrir que é possível ver o som através de um equipamento”.

Estudante 8: “a interação dos vídeos nas aulas, a relação entre a Física e a medicina, a aula com a utilização de slides, a interação (participação) da sala, a utilização do laser para demonstrar o movimento sonoro com a luz”.

Em relação à terceira questão, os estudantes foram indagados através da seguinte pergunta: Gostaria que sempre que possível ter aulas nesse formato? Por quê? Em geral eles foram diretivos ao afirmarem que essa metodologia era interessante ao ser aplicada às aulas de Física, por se tratar de um método em que não se tem respostas prontas e que desperta a curiosidade. A seguir, destacamos o exposto por nosso grupo focal.

Estudante 1: “sim, pois se torna melhor a percepção do assunto”.

Estudante 2: “sim, porque nos fez perceber que a Física é muito importante para a nossa vida”.

Estudante 3: “sim, pois a dinâmica gera mais aprendizado e com a maneira descontraída fica mais fácil de fixar na mente, aprender de fato e não só decorar para a prova”.

Estudante 4: “sim, tira a forma monótona do padrão de ensino do dia a dia”.

Estudante 5: “sim, porque é importante compreender vendo, ouvindo e participando”.

Estudante 6: *“sim, pois podemos entender melhor o conteúdo apresentado”*.

Estudante 7: *“sim, pois facilita a aprendizagem e capta o interesse dos alunos”*.

Estudante 8: *“sim, porque está relacionado a assunto do dia a dia”*.

No quarto e último questionamento foi feita a seguinte pergunta: Foi possível compreender sobre ondas mecânicas a partir da sua aplicação na ultrassonografia? Ou achou mais difícil? O que você achou das aulas de Física com esse formato diferenciado? Os fenômenos de absorção, reflexão, refração da luz a partir das atividades desenvolvidas? Os estudantes explicaram o porquê acharam fácil a sua compreensão.

Estudante 1: *“sim, muito boa, mais fácil de compreender o assunto”*.

Estudante 2: *“com a explicação dela foi possível sim entender. Foi muito bom e interessante e fez perceber o quanto a Física é importante para nós”*.

Estudante 3: *“sim. Achei bacana a descontração das aulas e a forma diferente da explicação”*.

Estudante 4: *“sim, foi claramente perceptível que é necessário um meio para a propagação. As aulas nesse formato são de grande proveito, pois gera interação entre todos, tornando as aulas interativas”*.

Estudante 5: *“sim. Nada. Achei mais interessante”*.

Estudante 6: *“sim, pois esse formato deixou claros os exemplos, o funcionamento do ultrassom. O entendimento dos alunos ficou claro em relação às aulas habituais. Achei interessante porque é diferente do que já estamos acostumados a ver, facilitando a nossa aprendizagem”*.

Estudante 7: *“aprendemos que anda é uma perturbação periódica de alguma grandeza Física”*.

Estudante 8: *“sim, achei mais fácil e muito interessante”*.

4.6 Algumas Considerações Acerca da Aplicação do Produto Educacional

A nossa proposta apresenta como objetivo buscar a construção do conhecimento sobre ciência, uma maneira de trabalhar os conceitos físicos a partir de uma abordagem investigativa de ensino com enfoque em ACT, para isso, utilizamos atividades problematizadoras como estratégia didática.

Sobre as atividades realizadas durante os quatro encontros, podemos perceber que os resultados obtidos a partir de resolução de problemas foram satisfatórios, mostrando que os estudantes tiveram mudanças de atitudes e que a utilização de atividades experimentais é de suma importância para o Ensino de Física, mostrando que estas despertam a curiosidade dos estudantes quando são aportadas em uma abordagem investigativa e problematizadora. Fazendo uma comparação com as aulas tradicionais, percebemos que a mudança, de alguns estudantes, foi perceptível à medida que as aulas foram sendo concretizadas. Além de gerar uma aprendizagem, a atividade investigativa estimula a participação dos estudantes, ajudando estes a construir seu conhecimento a partir de hipóteses e resolução de problemas.

Quando questionados sobre a metodologia, percebemos que as aulas foram bastante relevantes para os estudantes, permitindo a partir do diálogo e da perspectiva problematizadora, que estes assumissem uma postura investigativa na busca por soluções e explicações para as situações trabalhadas. Nesse contexto, a interação entre os estudantes foi facilitada, bem como a relação da Física com o cotidiano ficou mais clara durante as atividades experimentais e na sistematização dos conteúdos.

Observamos ainda que trazer as relações entre a Física e a medicina serviu para motivar os estudantes e despertar a curiosidade pelo estudo da Física, dando um novo significado aos conceitos envolvidos.

Em relação ao texto e a cruzadinha, foi essencial para que os estudantes compreendessem que as aulas de Física não são apenas equações matemáticas, mas sim a ciência é formada a partir dos conceitos envolvidos.

Contudo, o desenvolvimento das atividades nos permitiu alcançar os objetivos propostos, em relação à aprendizagem dos conceitos envolvidos na aplicação da Física na ultrassonografia.

No que tange à aplicação das atividades, podemos destacar que em depoimentos durante as aulas os estudantes consideraram importante a relação entre a Física e a Medicina, a importância de trabalhar com atividades experimentais e com a ferramenta didática PhET, principalmente a utilização das situações problemas. De acordo com alguns deles o fato de ter um problema os levavam a pensar sobre uma solução e a relacionar a Física com o dia a dia dos estudantes. Percebemos que houve um grande envolvimento, da maioria dos estudantes, durante o desenvolvimento dessas aulas, eles buscavam contribuir, interagir e participar como forma de contribuição do processo de ensino e aprendizagem.

Os estudantes ainda questionaram a didática trabalhada uma vez que esta possibilitou uma mudança no formato das aulas. Segundo eles, as aulas deixaram de ser monótonas e passaram a ser um espaço de diálogo e participação. O que facilitou uma maior compreensão dos fenômenos estudados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da pesquisa de intervenção que se efetivou em quatro encontros, notamos que os resultados foram satisfatórios em relação aos objetivos que pretendíamos alcançar, foi perceptível que as aulas quando trabalhadas com problematizações os estudantes participam mais e isso vem a gerar novas dúvidas acerca do assunto trabalhado.

Os estudantes tiveram algumas dificuldades em compreender algumas questões, mas, que a partir dessas dúvidas surgiram inúmeras perguntas que foi bastante proveitosa para as discussões em equipes.

Em tese, apresentar e utilizar uma proposta diferenciada para a sala de aula não é uma tarefa fácil por muitos fatores, seja pelo fato, do professor ter uma jornada de trabalho intensa, com várias atribuições a serem desenvolvidas, ter o limitador da necessidade do cumprimento de um conteúdo programático extenso, isso comparado a reduzida carga horária destinada para o componente curricular de Física. No entanto, ainda o professor precisa ser cuidadoso e zelar pelas boas práticas, para motivar o estudante e aproxima-los dos conteúdos ensinados.

Nesse contexto, o estudo realizado nos permitiu vários ensinamentos e amadurecimento, podendo essa metodologia ser adequada para qualquer outro conteúdo de Física e também utilizando um tanto mais de recursos e estratégias diferenciadas, acreditamos que o professor pode ter a liberdade de inovar em sua prática e nos recursos e estratégias a serem utilizados.

Por fim, compreendemos que a intervenção foi muito proveitosa atingindo os objetivos pretendidos, tanto na mudança de comportamento durante as aulas de aplicações do produto educacional, quanto no posicionamento dos estudantes ao se mostrarem bastante receptivos ao que foi proposto. No entanto, entendemos que o ensino necessita de novas metodologias para o aprimoramento das aulas de Física e que um dos caminhos pode estar na relação entre a ciência e a tecnologia, o qual pode facilitar a formação do cidadão que é objetivo da educação básica.

REFERÊNCIAS

ALVES, João Amadeus Pereira; PFLANZER, Rodrigo. Contribuições no processo de alfabetização científica e tecnológica de uma proposta didática sobre o tema social vida saudável. Florianópolis-SC, 2017.

ANDRÉ, M. O que é um Estudo de Caso Qualitativo em Educação? Revista da FAEEBA – Educação e Contemporaneidade, Salvador, v. 22, n. 40, p.95-103, 2013.

ASSEF, Amauri A. Sistema para geração, aquisição e processamento de sinais de ultra-som. Campinas, São Paulo, Brasil. Revista Controle & Automação/vol.20, 2009.

AMARAL, Carmem Lúcia Costa, *et al.* Abordagem das relações ciência/tecnologia/sociedade nos conteúdos de funções orgânicas em livros didáticos de química do ensino médio. São Paulo. 2009.

AZEVEDO, Maria Cristina P. Stella de. **Ensino por Investigação**: Problematizando as Atividades em Sala de Aula. In _____: CARVALHO, A. M. P. de (Org.). Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. p. 19-33.

BRAGATO, Bragato. Ultrassonografia doppler vascular: aspectos importantes para aplicação da técnica. Goiânia, 2013.

BELLUCCO, A. e de Carvalho, A. M. P. Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton. Cidade, editora. 2013.

CARVALHO, A. M. P.; BARROS, M. A.; GONÇALVES, M. E. R.; REY, R. C.; VANNUCCHI, A I., 1998. **Conhecimento Físico no Ensino Fundamental**. São Paulo, Editora Scipione.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; **Ensino de ciências por investigação**: condição para implementação em sala. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; SASSERON, Lúcia Helena. Ensino de Física por investigação: referencial teórico e as pesquisas sobre sequencias de ensino por investigavas. São Paulo: ensino em re-vista, 2015.

CARVALHO, A.M.P.; OLIVEIRA, C; SASSERON, L.; SEDANO, L. BASTISTONI,M. Investigar e Aprender Ciências, Editora Sarandi, 2011.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas**. São Paulo: ed. Cengage Learning, 2017. Cap. 1.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo, Editora Cengage Learning, 2004.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. *et al.* A Utilização de Atividades Investigativas em uma Proposta de Enculturação Científica: Novos Indicadores para análise do Processo. Florianópolis: VII Enpec, 2009.

DUTRA, Gildete Elias; OLIVEIRA, Eniz Conceição; PINTO, José Cláudio Del. Alfabetização científica e tecnológica na formação do cidadão. *Revista Signos*. n. 2, 2017.

FILHO, Benigno Barreto. SILVA, Claudio Xavier da. **360° Física aula por aula: termologia, óptica, ondulatória-v. 2. 1. Edição**. São Paulo: FTD, 2017.

FRANCISCO Jr, Wilmo E.; FERREIRA, Luiz H.; HARTWIG, Dácio R. Experimentação Problematicadora: Fundamentos Teóricos e Práticos Para a Aplicação em Salas de Aula de Ciências. Curitiba-PR. XIV ENEQ, 2008.

FOUREZ, G. Alfabetización científica y tecnológica: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias. Ed. 1, 3º reimp. Buenos Aires: Colihue, 2005.

HALLIDAY, David, Resnick, Robert e Walker, Jearl, *Fundamentos de Física*, volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica, 8ª ed. LTC, Rio de Janeiro, 2008.

HALLIDAY e RESNICK. **Fundamentos de Física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica**. V.2. 9ª. Edição, 2012.

KANE, Suzanne A.. *Introduction to Physics in modern medicine*. 2 ed. Haverford College Pennsylvania, USA. 2009.

LEE, J. J. *Formação e Processamento de Imagens de Ultrassom*. São Carlos-SP, editora, 2010.

LOCATELLI, R.J., CARVALHO A.M.P. Uma análise do raciocínio utilizado pelos alunos ao resolverem os problemas propostos na atividade de conhecimento físico. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em ciências**. v.7, p.1-18, 2007.

MENIN, Olavo H.; ARTIOLI; Vanessa Rolnik. Tomografia de Impedância Elétrica: uma nova técnica de imageamento em medicina. *Revista Iluminart*. IFSP-Campus Sertãozinho-2010.

MINAYO, M. C. S. Pesquisa Social: Teoria, Método e Criatividade. Ed. Vozes. São Paulo, 2008.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. Curso de Física básica. Vol. 2- São Paulo: Edgard Blucher, 2012.

PORTO, Maria de Lourdes Oliveira; CHAPANI, Daisi Teresinha. Abordagem CTS (ciência-tecnologia-sociedade) e Formação de Professores: Possíveis Relações e Questionamentos. 2013.

Portal do professor. <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/>>. Acesso em 14 de novembro de 2018.

PhET.<https://phet.colorado.edu/pt_BR/>. Acesso em 28 de novembro de 2018.

ROSA, Tiago Franceschini da; LAMBACH, Marcelo & LORENZETTI, Leonir. Nível de Alfabetização Científica e Tecnológica dos itens de Química do Enem. XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC – 3 a 6 de julho de 2017.

RUBENS, Thiago. **Ultrassom, Saiba Como Funciona** <<http://radiologia.blog.br/>>. Acesso em 29 de junho de 2018.

SANCHES, Lucas. **O que é Ecocardiograma?**<<https://rsaude.com.br/bauru/materia/o-que-e-ecocardiograma/9748>>. Acesso em 26 de junho de 2018.

SANTOS, Rogério Vogt Cardoso dos; FIEDLER-FERRARA, Nelson. Ondas Eletromagnéticas e Antenas: Uma Proposta de Ensino Através de Atividades Curtas Multi-abordagem. Universidade de São Paulo. 2002.

SASSERON, L. H., CARVALHO, A. M. P. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. Ciência e Educação (UNESP). , v.17, p.97 - 114, 2011.

TIPLER, Paul Allan, Física para cientistas e engenheiros. Rio de Janeiro: editora LTC, 2016.

ZÔMPERO, Andreia Freitas e LABURÚ, Carlos Eduardo. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. Universidade Estadual de Londrina - UEL. 2011.

YOUNG, Hugh D. Física II: **Termodinâmica e Ondas**. 12. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008.

APÊNDICES

Apêndice A: O produto Educacional

**O ESTUDO DE ONDAS MECÂNICAS ATRAVÉS DE ABORDAGEM
INVESTIGATIVA COM ENFOQUE NA APLICAÇÃO TECNOLÓGICA**

Sequência de Ensino Investigativa

Elane Vieira Diniz

Orientadora: Ana Raquel Pereira de Ataíde

Campina Grande-PB

Apresentação

A sequência de ensino apresentada a seguir está direcionada para professores de Física do segundo ano do Ensino Médio regular³, com o objetivo de apresentar uma possibilidade de trabalhar a Física através de abordagem investigativa com enfoque em ACT (alfabetização científica e tecnologia). Nessa perspectiva, através da tecnologia, buscaremos estratégias de ensino para que desperte a curiosidade dos estudantes pelo estudo da ciência, em específico pelo estudo da Física. Buscaremos durante o desenvolvimento das aulas, trabalhar o conteúdo de ondas sonoras e sua aplicação na tecnologia.

Para alcançar nossos objetivos, faremos o uso de atividades experimentais, atividades investigativas e utilizaremos textos que abordem o funcionamento do ultrassom ou do ecocardiograma, assim, os estudantes poderão expressar suas opiniões e atuarem como sujeitos do seu próprio conhecimento. Demonstraremos o funcionamento do ultrassom através de vídeos e explicaremos o funcionamento do mesmo através da Física envolvida. Iremos trabalhar uma atividade experimental onde através da mesma os estudantes poderão conhecer a fisiologia do som e como é possível enxergar o som e suas características. Durante a atividade experimental, os estudantes irão dialogar e expressar o porquê das diferentes imagens formadas pelo som.

1. Objetivo Geral

Temos como objetivo geral em nossa proposta, despertar nos estudantes um interesse maior pela Física, através de abordagem investigativa com enfoque ACT. Fazendo com que venham a compreender os conceitos físicos, leis e teoria ondulatória através dos estudos realizados que envolvem os aparelhos de ultrassonografia/ecocardiograma e estudar as características do som através de atividades experimentais baseadas em atividades problematizadoras.

2. Público alvo

A nossa proposta está direcionada para turmas do segundo ano do Ensino Médio.

³ Vale ressaltar que essa proposta pode ser desenvolvida para qualquer público do Ensino Médio, nos anos de 1º série a 3º série, tanto para turma do EJA quanto para turma de modalidade integral.

3. Número de encontros

Seu desenvolvimento é programado para quatro encontros com duração de 90 minutos cada, com um total 360 minutos.

4. Descrição das aulas

Primeiro encontro

Tema da aula: A Física na Ultrassonografia/Ecocardiograma

Objetivos da aula:

- Compreender a importância da Física para a medicina;
- Compreender o funcionamento do ecocardiograma através de ondas sonoras.

Conteúdos:

- Ondas mecânicas;
- Pulsos;
- Conceitos básicos do funcionamento da Ultrassonografia.

Recursos Instrucionais:

- Aula dialogada;
- Discussões e atividades em grupo a partir de texto.

Motivação: trabalhar o estudo do Ultrassom através de texto

Tempo para a realização da aula: 90 minutos

Descrição da aula:

1º Momento: Apresentação de proposta e do problema a ser explorado

No primeiro momento, o professor irá buscar a participação dos estudantes durante o desenvolvimento da aula. Para isso, o mesmo irá problematizar com a seguinte questão: **É possível enxergar o som?** As discussões serão conduzidas no sentido de construir o conceito que envolva o funcionamento do ultrassom.

Logo em seguida, o professor com a utilização do Datashow utilizará as imagens apresentada nas Figuras 1 e 2, para que através das mesmas, venha a promover novas problematizações.

Figura 1: imagem do exame do ecocardiograma.



Fonte: <<http://www.rsaude.com.br/bauru/materia/o-que-e-ecocardiograma/9748>>.

Acesso: 26/06/2018.

Figura 2: exame de ultrassonografia para a verificação do feto da criança.



Fonte: <<http://radiologia.blog.br/diagnostico-por-imagem/ultrassom-saiba-como-funciona>>.

Acessado: 29/06/2018

Depois das imagens apresentadas, o professor pode lançar a seguinte questão: **As imagens apresentadas são produzidas durante alguns exames médicos, como é o caso do ecocardiograma e da ultrassonografia, que é uma técnica de imagens muito utilizada na medicina. Como essas imagens são formadas?** Talvez os estudantes retruquem que a imagem é formada através do equipamento do ultrassom. Logo o professor buscará perguntar:

Mas, o que é necessário para que o ultrassom forme essa imagem? Nesse momento é importante que o professor faça com que os estudantes dialoguem entre eles ou nas equipes, para que possa responder relacionando as ondas sonoras com a formação da imagem.

Pretendemos aqui, ao propor esse questionamento, fazer com que o estudante seja capaz de compreender a importância da Física para explicar como ocorre a formação da imagem durante o exame de ultrassonografia. A formação da imagem que é gerada a partir de formação de **pulsos**, e esses por sua vez são os responsáveis por formar uma onda sonora, a qual pode sofrer **refração** e **reflexão**. A reflexão que chamamos de **eco** retorna ao transdutor. Durante esse momento, acreditamos que os estudantes não terão conhecimento a respeito do funcionamento e possivelmente não apresentarão conceitos corretos. Mas o objetivo do professor é conduzir para um desenvolvimento cognitivo mais crítico acerca do conhecimento da ciência e a sua importância para a sociedade com base no funcionamento do ultrassom.

É importante que o professor deixe os estudantes se expressarem nesta aula, mesmo que eles apresentem conceitos errôneos, e vale ressaltar que a Física aplicada na ultrassonografia deve ser explicada durante o desenvolvimento das aulas.

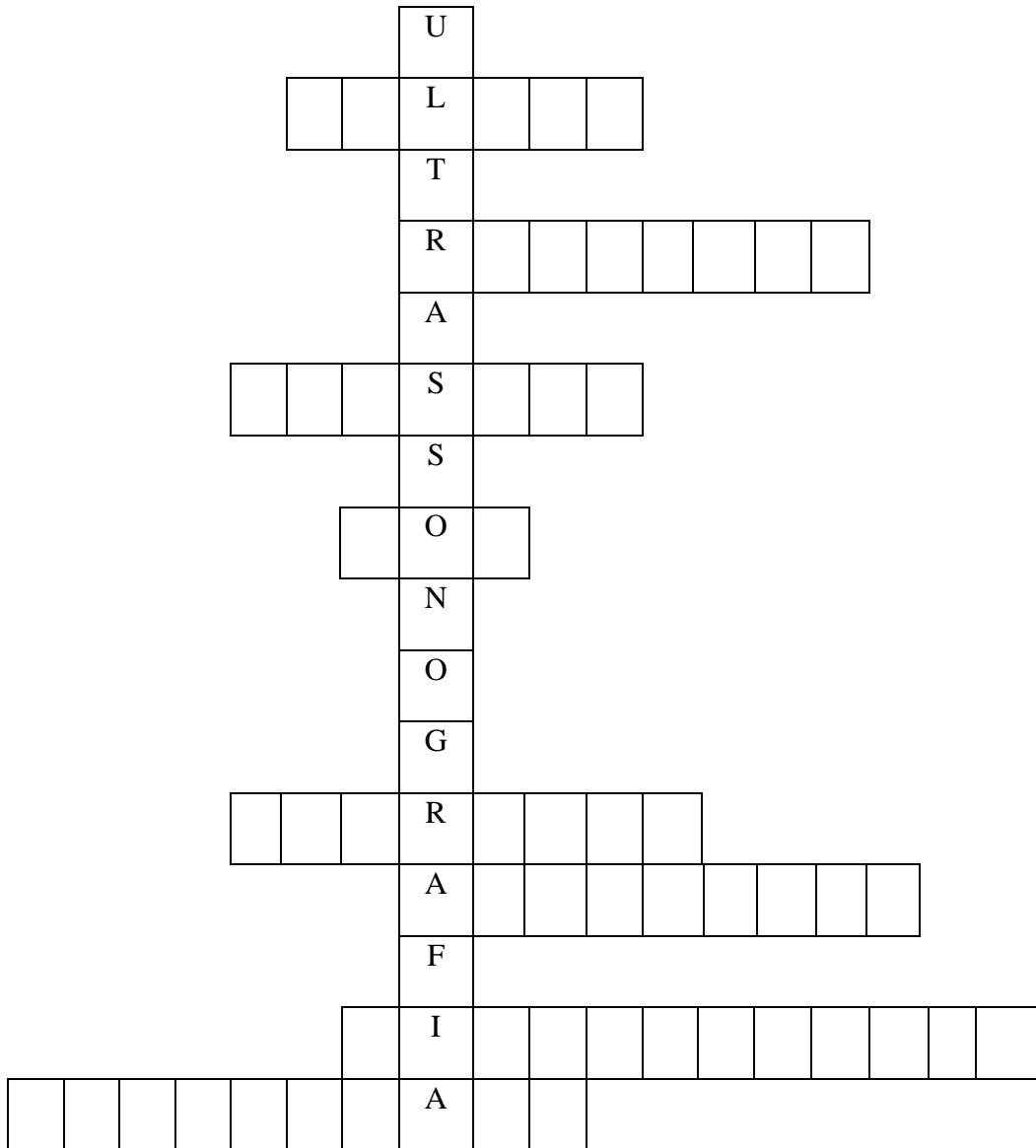
2º Momento: Apresentação da proposta e do problema a ser explorado

Para que os estudantes venham a formular conceitos mais consistentes acerca do funcionamento do ultrassom, um texto que discorre sobre o funcionamento da ultrassonografia/ecocardiograma será disponibilizado (o texto se encontra no anexo A). Para isso, é necessário dividir a turma em equipes, essa divisão fica a critério do professor, com o intuito que ocorra a leitura e discussões sobre o tema trabalhado, e assim, o estudante vir a construir seu próprio conhecimento físico acerca dos fenômenos e conceitos trabalhados através do texto, que tem como tema o funcionamento do ultrassom/ecocardiograma.

Depois da leitura do texto, os estudantes serão solicitados para que realizem as seguintes atividades:

- **Durante a leitura executada do texto, com a utilização de caneta preta ou azul circule as palavras que você não conhece seu significado.**
- **Com a utilização do dicionário, pesquisem o significado das palavras circuladas na atividade anterior.**

- A partir da leitura do texto “como funciona a ultrassonografia” (anexo A) utilize as palavras encontradas para preencher a cruzada e busque seu conceito físico, através de pesquisas em livros ou na internet.



De acordo com as palavras cruzadas, os estudantes devem pesquisar com o auxílio do livro didático, do dicionário ou da internet seus significados, explicando a importância da Física para o funcionamento da ultrassonografia.

Durante a execução da aula, o representante de cada equipe irá explicar às palavras preenchidas na cruzadinha e sua importância para a realização do exame de ultrassonografia.

Segundo encontro

Tema da aula: Ondas sonoras

Objetivos da aula:

- Compreender o que é um pulso;
- Compreender os conceitos básicos sobre ondas a partir da ferramenta PHET;
- Entender que frequência e período são grandezas inversamente proporcionais.

Conteúdos:

- Natureza das ondas sonoras;
- Direção de propagação;
- Noções de ondas longitudinais;
- Vibrações;
- Período e frequência sonora.

Recursos instrucionais:

- Simulador de ondas;
- Estória em quadrinhos (tirinha).

Motivações: trabalhar os conceitos básicos de ondas sonoras através de simuladores e utilização do Datashow.

Tempo para a realização da aula: 90 minutos

Descrição da aula:

1º Momento: Introdução e problematização

Para introduzir essa aula, será apresentada aos estudantes, a tirinha apresentada na Figura 3.

Figura 3: Ilustração de como pode ocorrer às ondas mecânicas



Fonte: < <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=38389> >.

Acessado: 14/11/2018.

Ao ler a tirinha acima responda à seguinte questão.

A todo o momento estamos ouvindo sons, isso vai do canto dos pássaros aos barulhos produzidos pelos carros. Na tirinha da Figura 3, Mônica escutou o telefone tocar. **O que é necessário para produzir um som?** Aqui pretendemos que os estudantes percebam que os sons produzidos são causados a partir de vibrações.

Logo em seguida, o professor deve associar a pergunta anterior com o seguinte problema: **Ocorrem vibrações quando o telefone toca? O que essas vibrações provocam? Qual a natureza da onda produzida durante o toque do telefone? Como essa onda sonora chega até o ouvido da Mônica?** Pretendemos com essas perguntas fazer com que os estudantes sejam capazes de associar o toque do celular causado por uma perturbação, e essa perturbação é a responsável pela produção do toque do telefone, faz com que ocorram vibrações consecutivas, gerando uma onda sonora, como se trata de uma onda mecânica a mesma necessita de um meio material (por exemplo: o ar) para se propagar, até chegar aos ouvidos da Mônica.

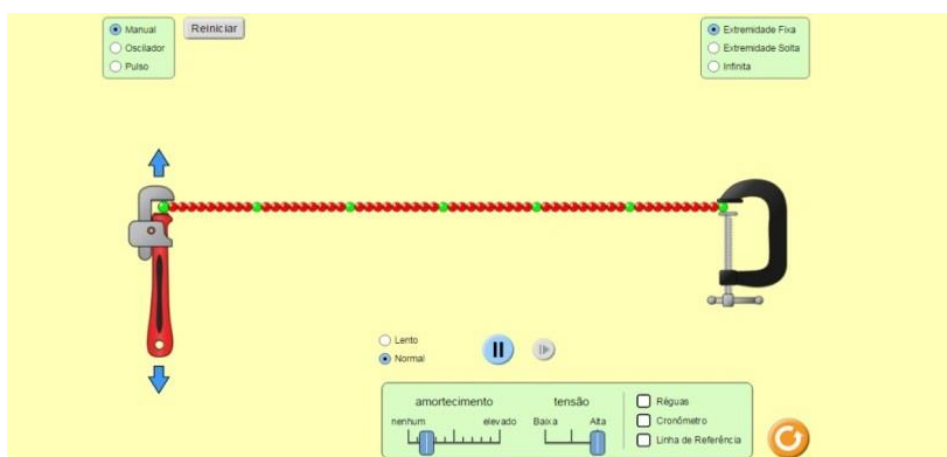
2º Momento: Apresentação de proposta e do problema a ser explorado

Escolhemos para a realização desta aula a ferramenta PHET⁴, desenvolvendo uma atividade de simulação que será manuseada pelos estudantes. É importante que o professor oriente seus estudantes durante a realização dessa atividade. Ao iniciar esse momento, o

⁴ PHET University of Colorado: Projeto do Departamento de Tecnologia Educacional da Universidade do Colorado, disponibiliza gratuitamente simulações para o ensino de Física, Química, Biologia e matemática. Endereço: <http://phet.colorado.edu/index.php>.

professor deve utilizar a ferramenta do PHET com o objetivo de trabalhar conceitos básicos sobre ondas. Para a utilização desse material é necessário fazer algumas instalações. Precisamos obter juntamente com o pacote uma versão Java, a ferramenta utilizada não foi necessária à instalação, já que a versão é compatível com a simulação utilizada, em geral disponível juntamente com o pacote, e um navegador de internet adequado. A seguir, na Figura 4, apresentamos a tela inicial do simulador de ondas retiradas do aplicativo utilizado, mas fica a critério do professor escolher outras ferramentas para a sua aula, se o mesmo achar necessário.

Figura 4: Imagem da ferramenta PHET, simulador de onda.



Fonte: < https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/wave-on-a-string >.

Acesso: 28/09/2018.

Neste momento, a turma será dividida em equipes e cada grupo escolherá um estudante como o responsável em manusear o equipamento. O estudante durante a realização da atividade deve ser solicitado para selecionar a opção pulso e logo em seguida fazer alterações na frequência e no período, os demais integrantes da equipe serão responsáveis por descrever o fenômeno observado. Na Figura 5, podemos observar a tela do simulador de onda uma representação de um pulso.

Figura 5: Representação de um pulso, realizado na ferramenta PHET.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/wave-on-a-string>.

Acessado: 29/06/2018.

Através das suas observações, **explique o que é um pulso?** Pretendemos que os estudantes ao observarem a geração do pulso sejam capazes de explicar que um pulso é na verdade um sinal de curta duração. As discussões serão conduzidas no sentido de fazer com que os estudantes construam conceitos relacionando ao funcionamento da ultrassonografia, mostrando assim, a importância do pulso para a formulação de uma onda sonora.

Ao selecionar pulsos, na simulação, temos as opções extremidade fixa, solta e infinita.

O que é necessário para gerar um pulso? O que ocorre com o pulso ao encontrar uma barreira (ou uma superfície fixa)? O que ocorre com o movimento do pulso na extremidade solta? Desejamos aqui, fazer com que os estudantes observem que ocorre uma reflexão, quando a corda é presa a uma superfície fixa o pulso sofre uma reflexão com inversão em relação ao pulso incidente. Já para a superfície solta o pulso sobe e desce sofrendo uma reflexão sem inversão. **O som ao ser emitido sofre uma reflexão sonora ao encontrar uma barreira (ou superfície)? Por quê?** Pretendemos que os estudantes compreendam que uma onda sonora também sofre reflexão ao encontrar uma superfície e ele vai retornar para o mesmo meio que se encontrava.

Após a realização dessa atividade, seguiremos com a seguinte pergunta:

O que ocorre ao gerar pulsos consecutivos? Ao fazer essa atividade, o estudante vai observar com o auxílio da ferramenta PHET, que através de pulsos consecutivos ele pode explicar a formação da onda, e para a formação de uma onda tanto em corda quanto ondas

sonoras são necessários vários pulsos sucessivos emitidos na mesma direção para que ocorra a propagação.

Para a geração da onda em uma corda, o estudante deve selecionar a opção oscilador, ele então deve alterar a opção da frequência e o período explicando cada passo realizado. Na Figura 6, podemos observar a tela da simulação que representa uma onda em corda, e essa onda é formada a partir de pulsos consecutivos.

Figura 6: Representação de uma onda em corda, através de pulsos consecutivos, realizado na ferramenta PHET.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/wave-on-a-string>.

Acessado: 29/06/2018.

O que acontece com o período (tempo) da onda ao aumentamos a frequência? Ao diminuir a frequência da onda sonora o período (tempo) vai aumentar ou diminuir? Por quê?

Mediante da ferramenta utilizada, temos como objetivo fazer com que os estudantes sejam capazes de perceber que ao aumentar a frequência da onda, aumenta o número de ciclos por segundos e a partir desse aumento o número de ciclos executados o período diminui. Ou seja, pretendemos que os estudantes sejam capazes de associar que período e frequência são grandezas inversamente proporcionais.

A partir dos problemas desenvolvidos, esperamos que os conceitos sobre ondas sonoras sejam construídos através da atividade de resolução problemas propostos, e efetivando o objetivo pretendido com o uso da ferramenta PHET.

Terceiro encontro

Tema da aula: Ondas sonoras

Objetivo da aula:

- Estudar a importância das ondas sonoras para o funcionamento do ultrassom/ecocardiograma através de vídeo.

Conteúdos:

- Frequência sonora;
- Característica do som;
- Fenômenos das ondas sonoras;
- Aplicação das ondas sonoras na ultrassonográfica.

Motivação: Vídeo sobre o funcionamento do ultrassom.

Tempo para a realização da aula: 90 minutos.

Descrição da aula

Este encontro será desenvolvido a partir de aula expositiva e dialogada com situação problema. Com a utilização do Datashow, o professor deve explicar os conceitos básicos do som e sua aplicação durante a realização de alguns exames médicos, e com o auxílio de vídeos, o funcionamento do ecocardiograma (o roteiro desta aula se encontra no Apêndice I com as referências dos vídeos, fica a critério do professor caso queira alterar os vídeos sugeridos).

A utilização do ultrassom para diagnósticos na medicina é uma interessante demonstração da aplicação de conceitos e princípios da Física. A ultrassonografia é um dos métodos de diagnóstico por imagens mais versáteis, permitindo a diferenciação entre órgãos e outras estruturas, lesões, tumores, tecidos anômalos, além de verificar o funcionamento de válvulas cardíacas e o desenvolvimento de fetos. O vídeo utilizado durante esta aula aborda o funcionamento da ultrassonografia, tendo como base o exposto no vídeo e o que você compreendeu, **explique a contribuição da Física para o seu funcionamento.**

Pretendemos, com essa solicitação, que o estudante seja capaz de compreender o funcionamento do ultrassom e a importância da Física para o seu funcionamento.

Quarto encontro

Tema da aula: como enxergar o som

Objetivo da aula:

- Compreender os conceitos do som através de atividades experimentais.

Conteúdos:

- Altura sonora;
- Frequência sonora;
- Reflexão.

Recursos Instrucionais: atividade experimental

Motivações: atividade experimental sobre como é possível ver o som

Tempo para a realização da aula: 90 minutos

Descrição da aula:

Nesta aula, o professor pode solicitar aos estudantes o manuseio do **experimento como é possível enxergar o som** (a descrição do aparato experimental utilizado nessa atividade se encontra no apêndice II). O professor com ajuda dos estudantes deve escolher um lugar específico onde a imagem possa ser projetada, e para isso, será necessário o auxílio de uma tela de projeção ou cortina preta (pode ser feita de TNT), para que o experimento seja visível. Durante a execução da atividade, o professor irá solicitar aos estudantes que formem equipes com três integrantes, e logo em seguida, um deles irá emitir **sons graves** e **sons agudos** com o auxílio de um equipamento, enquanto os outros descreverão o procedimento e a imagem que é formada explicando-a o mais detalhadamente possível.

Em seguida, o professor deve trabalhar as seguintes situações problema:

A ultrassonografia, que também é conhecida por ecografia, é uma técnica capaz de gerar a imagem utilizada na medicina. O seu funcionamento se baseia na reflexão ao ocorrer um pulso de ultrassom, quando o aparelho é posto em contato com a pele, atravessa a superfície que separa os órgãos uns dos outros, produzindo assim, ecos que são captados de volta pelo aparelho. Os pulsos que são emitidos têm frequências altíssimas que vão de 20 MHz a 30 MHz. Isso significa dizer que pode ocorrer 30 milhões de oscilações a cada segundo. **Com base na atividade experimental é possível enxergar o som? A atividade**

experimental desenvolvida durante esta aula tem alguma semelhança com o ultrassom/ecocardiograma? Ocorre alteração da frequência? Explique qual a importância do espelho utilizado neste experimento?

Pretendemos aqui, que o estudante consiga associar a imagem observada na parede com o exame de ultrassonografia. Em que o som emitido sofre uma reflexão devido à utilização de um espelho. Pretendemos que o estudante seja capaz de relacionar o formato do som na parede com à alteração da frequência. E para isso, o professor deve continuar com os questionamentos, para que os estudantes consigam buscar respostas consistentes sobre o fenômeno.

O som visto na parede altera o formato? Existe alguma diferença entre a voz feminina e a voz masculina na imagem formada? Como você explica essa diferença? Nesse momento, pretendemos que os estudantes consigam relacionar a alteração do formato do som devido às frequências serem diferentes, ou seja, o som produzido ser grave (voz masculina) e o outro ser agudo (voz feminina).

Concluimos aqui com uma atividade geral, que a partir das aulas trabalhadas os alunos sejam capazes de resolvê-las sem o auxílio de nenhum material didático.

Após o desenvolvimento da sequência, utilizaremos dos questionamentos finais para compreendermos melhor formalizações dos conceitos trabalhados.

Questionários de acordo com as aulas trabalhadas:

- ✓ **O que é necessário para que ocorra seu funcionamento do ultrassom?**
- ✓ **O que é onda, afinal?**
- ✓ **A imagem que é formada é alterada? Como se explica isso?**
- ✓ **O que ocorre ao emitir um som grave? Quando um som é agudo a imagem é formada com alta frequência ou baixa frequência?**
- ✓ **Explique a contribuição da Física para a realização desse exame e a formação da imagem?**

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, Beatriz e MÁXIMO Antônio. Física Contextos e Aplicações- V. 2. 1ª. Edição. São Paulo, Editora, Scipione, 2014.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. *et al.* A Utilização de Atividades Investigativas em uma Proposta de Enculturação Científica: Novos Indicadores para análise do Processo. Florianópolis: VII Enpec, 2009.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; **Ensino de ciências por investigação: condição para implementação em sala.** São Paulo: Cengage Learning, 2013.

FILHO, Benigno Barreto. SILVA, Claudio Xavier da. 360° **Física aula por aula:** terminologia, óptica, ondulatória-v. 2. 1. Edição. São Paulo: FTD, 2017.

HALLIDAY e RESNICK. Fundamentos de Física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica. V.2. 9ª. Edição, 2012.

LEE, J. J. Formação e Processamento de Imagens de Ultrassom. São Carlos-SP, editora, 2010.

MENIN, Olavo H.; ARTIOLI; Vanessa Rolnik. Tomografia de Impedância Elétrica: uma nova técnica de imageamento em medicina. Revista Iluminart. IFSP-Campus Sertãozinho-2010.

Portal do professor. <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/>>. Acesso em 14 de novembro de 2018.

PhET.<https://phet.colorado.edu/pt_BR/>. Acesso em 28 de novembro de 2018.

RUBENS, Thiago. **Ultrassom, Saiba Como Funciona** <<http://radiologia.blog.br/>>. Acesso em 29 de junho de 2018.

Rio Ensino Médio. **Como funciona o ultrassom.** <<https://www.youtube.com/>>. Acesso em 15 de julho de 2018.

SANCHES, Lucas. **O que é Ecocardiograma?**<<https://rsaude.com.br/bauru/materia/o-que-e-ecocardiograma/9748>>. Acesso em 26 de junho de 2018.

Khan Academy Brasil. **A ultrassonografia medida.** <<https://www.youtube.com/>>. Acesso em 15 de julho de 2018.

Apêndice I – Slides e Roteiro para o Terceiro Encontro

Ondas sonoras – como funciona o exame de ultrassonografia?

- Classificação das ondas;
- Ondas periódicas;
- Refração;
- Reflexão (eco);
- Fenômenos sonoros;
- Vídeo sobre o funcionamento do ultrassom

A partir da imagem -1 a seguir podemos dizer que é um exemplo de onda? O que é necessário para que forme uma onda na superfície da água?



Imagem-1

- As ondas se iniciam através de uma perturbação que se propaga em um meio.

A partir da imagem-2, podemos dizer que ocorre transporte de matéria? Por quê?

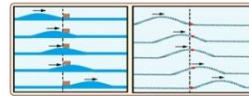


Imagem-2

Transversais

- Vibração perpendicular à propagação

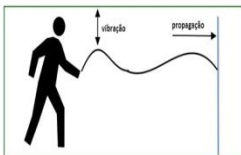


Imagem-3

Longitudinais

- Vibração tem o mesmo sentido da propagação

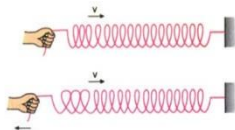


Imagem-4

Natureza da propagação

- **Unidimensionais:** Propagação na mesma direção

Ex: pulso em uma corda (demonstração através do simulador)

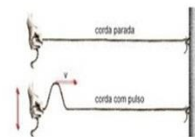


Imagem-5

- **Bidimensionais:** Propaga-se em duas direções

Ex: onda na superfície da água



Imagem-6

- **O que você compreende por ondas mecânicas?**

ondas mecânicas são ondas que precisam de um meio material para se propagarem.

- **Quais os meios materiais que essas ondas se propagam?**

No sólido, líquido e gasoso.

Quais dos estados físicos as ondas mecânicas apresentam maior a velocidade? Por quê?

$V_{\text{sólido}} > V_{\text{líquido}} > V_{\text{gasoso}}$

- **O que é som?**

O som é uma onda mecânica longitudinal que se propaga em um meio material.

- **Como o som é produzido?**

Som é uma onda que é produzido através de uma perturbação.

Fenômenos ondulatórios

- **A reflexão sonora** é um fenômeno sonoro no qual a onda do som é refletida por uma superfície qualquer, como uma parede, devolvendo o som ao ambiente.

Esse fenômeno se subdivide em três tipos:

- o reforço;
- a reverberação;
- o eco.

Esses três fenômenos depende do tempo que o som demora para voltar aos nossos ouvidos, pois quando esse tempo é muito pequeno nosso cérebro não reconhece como sons diferentes. Sons com menos de 0,1 segundo de intervalo não são reconhecidos.

- **o reforço** – quando a distância da fonte emissora de som e o som refletido se diferenciam tão pouco, que o intervalo de tempo é desprezível.

- **a reverberação** – quando o intervalo de tempo já não é desprezível, porém ainda é inferior a 0,1 segundo.

- **O eco** - ocorre quando o som sofre reflexão e chega a nossos ouvidos após 0.1 s. Para que esse fenômeno ocorra é necessário que a fonte emissora esteja a 17 m entre o obstáculo e a fonte emissora.

- **Refração** - quando uma onda passa de um meio para outro alterando a sua velocidade
- **Ao observar a imagem, qual é a frequência sonora que podemos ouvir?**

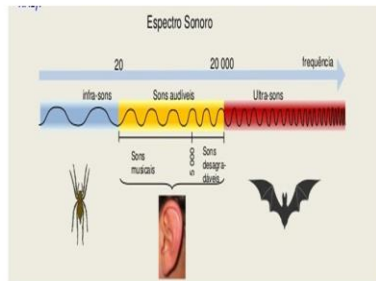


Imagem-7

Qualidade fisiológica do som

Altura – Está relacionada a frequência

- É a qualidade que diferencia sons graves e agudos.
- Sons com grande frequência são sons agudos e sons com baixas frequências são sons graves.



Imagem-8

Imagem-9

Funcionamento do ultrassom a partir dos vídeos

<https://www.youtube.com/watch?v=UjBluExYxUU>

<https://www.youtube.com/watch?v=GcPvhTuz8cs>

Atividade proposta para essa aula:

- **O que são ondas sonoras?**
- **Como são produzidas?**
- **O que é necessário para sua propagação?**
- **Como se propagam as ondas mecânicas?**
- **Quanto a direção de vibração como podemos classificar as ondas sonoras?**

Apêndice II - Construção e funcionamento do aparato experimental “como enxergar o Som” (Experimento 1).

Nessa aula, o professor deverá trabalhar com um experimento demonstrativo em que os alunos irão utilizar materiais de baixo custo. Onde irá montar o experimento para que entenda que é possível enxergar o som. Para a construção do experimento será necessário que o professor organize os materiais a seguir:

Materiais

- Caneta a laser;
- Lata (leite condensado);
- Um espelho ou um pedaço de Cd novo;
- Bexigas (balões);
- Pedaço de cano PVC;
- TNT;
- Abridor de lata;
- Fita adesiva.

Descrição de como montar o experimento.

- I. O professor deve tirar o fundo da lata com o abridor com muito cuidado para não se machucar;
- II. Logo em seguida, o professor deve cortar a bexiga e prender na lata em uma das suas extremidades usando a fita adesiva para que a bexiga não saia;
- III. O professor deve colocar um pedaço de espelho em cima da bexiga de modo que fique centralizado. Caso o professor não tenha um pedaço de espelho, pode utilizar um Cd, cortando com o formato de um pequeno quadrado com aproximadamente 2 cm de cada lado;
- IV. Depois que o pedaço de espelho ou de Cd estiver colado sobre a bexiga, o professor deve utilizar um pedaço de cano pvc e fazer um suporte para que a caneta forme um ângulo de 45°. Fazendo com que o laser ao ser acessado bata do espelho e sofra uma reflexão;

- V. Logo em seguida, o professor precisa direcionar a uma cortina preta para mostrar a realização do experimento. É necessário que o professor organize os alunos ao testar o experimento, e a partir das observações, analisar o que ocorre quando alguém está falando no equipamento construído.

ANEXO

Anexo A: Texto Utilizado no Primeiro Encontro.

Como funciona a Ultrassonografia/ Ecocardiograma⁵

As técnicas de imageamento por ultrassonografia tiveram como base o desenvolvimento do *sonar*, durante a Segunda Guerra Mundial. Este aparelho, colocado sob o casco de navios, era capaz de detectar a presença de submarinos ou de medir a profundidade do oceano a partir da emissão, reflexão e recepção de uma onda sonora de alta-frequência. Na área médica, atualmente a ultrassonografia é extensivamente utilizada tanto em diagnósticos como em certos tipos de tratamentos.

Exames pré-natais para avaliar o desenvolvimento e a formação do bebê, detecção de câncer de mama ou de outros tipos de câncer e o ecocardiograma, que verifica o funcionamento do coração, são alguns exemplos de aplicações da ultrassonografia na medicina diagnóstica. O ser humano é capaz de detectar sons numa faixa de frequência que varia, aproximadamente, entre 20Hz e 20kHz. Ondas mecânicas sonoras com frequência abaixo de 20Hz são denominadas de *infrassom* e, acima de 20kHz, são chamadas de *ultrassom*. Outros animais podem ouvir sons em faixas de frequência diferentes dos humanos como, por exemplo, os cães que detectam sons com frequências de até 50kHz e os morcegos que ouvem até 120kHz. Já a ultrassonografia diagnóstica utiliza frequências ainda maiores podendo variar entre 1MHz e 30MHz (HENDEE, 2002).

A ideia central do imageamento por ultrassom é explorar a diferença que os tecidos biológicos apresentam para a reflexão, absorção e transmissão do som. Através de um transdutor (dispositivo capaz de emitir e receber ondas mecânicas) colocado sobre a pele do paciente, um pulso de ultrassom é emitido para o interior do corpo e ao encontrar uma interface de separação entre dois tipos diferentes de tecidos, parte do pulso é transmitida e parte é refletida. A parte refletida pode retornar ao transdutor e ser detectada. A partir do intervalo de tempo entre a emissão e a recepção, estima-se a posição da interface dentro do corpo. Naturalmente que o processo, na prática, é bem mais complexo, pois normalmente existem diversas interfaces produzindo vários pulsos refletidos que devem ser analisados separadamente para permitir a localização de cada tecido. Além disso, existe uma atenuação na intensidade do som durante a propagação no interior do corpo que também deve ser levada em consideração na visualização da imagem.

⁵ Texto não é de autoria própria. Olavo Henrique Menin e obra se encontra nas referências.

No entanto, o importante é destacar que a propriedade principal que permite diferenciar os diversos tecidos na Ultrassonografia é a *impedância acústica* Z definida como o produto da densidade do meio pela velocidade do som v neste meio. Diferentes tecidos apresentam diferentes impedâncias acústicas, (OKUNO, 1982), e essa diferença determina a fração do ultrassom que será refletida e a fração que será transmitida quando existir uma interface entre esses tecidos. Desta forma, quanto maior a diferença de impedância acústica entre dois tecidos, mais fácil será diferenciá-los na produção de uma imagem de ultrassonografia. Por sua vez, dois tecidos que tenham impedâncias acústicas iguais ou muito próximas não serão facilmente diferenciados.

A ultrassonografia é um método de obtenção de imagens não invasivo e seguro o qual se baseia na obtenção de imagens empregando técnicas de transmissão de pulsos ultrassonográficos, detecção dos ecos, processamento desses ecos e exibição na tela do aparelho. Já para o princípio físico da ultrassonografia em modo Doppler baseia-se no efeito Doppler, o qual descreve a mudança na frequência de onda do som que se produz quando existe movimento relativo entre a fonte emissora e o receptor (NAQVI et al. 2013).

A ultrassonografia Doppler usa a informação adicional nos ecos que retornam, para avaliar o movimento de alvos móveis. Quando o som de alta frequência colide com uma interface estacionária, o som refletido tem essencialmente a mesma frequência ou o mesmo comprimento de onda do som transmitido. Contudo, se a interface refletora estiver em movimento com relação ao feixe sonoro emitido pelo transdutor, como no caso das células sanguíneas, há uma mudança na frequência do som que se dispersa pelo objeto em movimento. Quando a interfase refletora aproxima-se ao transdutor as ondas são percebidas com maior frequência e por outro lado quando a interfase refletora distancia-se são percebidas com menor frequência (KING, 2006; MCDICKEN & HOSKINS, 2014).