

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAPÁ
CAMPUS MACAPÁ
CURSO SUPERIOR DE LICENCIATURA EM FÍSICA

ERISON DE SOUZA MARQUES
MATEUS RIBEIRO MENDES

FÍSICA E MÚSICA:

o uso de instrumentos musicais como recurso didático para uma abordagem lúdica dos fenômenos físicos envolvidos na produção e propagação do som

MACAPÁ-AP

2021

ERISON DE SOUZA MARQUES
MATEUS RIBEIRO MENDES

FÍSICA E MÚSICA:

o uso de instrumentos musicais como recurso didático para uma abordagem lúdica dos fenômenos físicos envolvidos na produção e propagação do som

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso Superior de Licenciatura em Física, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá – Ifap, como requisito avaliativo para obtenção de título de licenciatura em Física.

Orientador: Prof. Dr. Argemiro Midonês Bastos.

MACAPÁ-AP

2021

Biblioteca Institucional - IFAP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

- 357f Marques, Erison de Souza
 Física e Música: o uso de instrumentos musicais como recurso didático para uma abordagem lúdica dos fenômenos físicos envolvidos na produção e propagação do som. / Erison de Souza Marques, Mateus Ribeiro Mendes. - Macapá, 2021.
 50 f.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, Campus Macapá, Curso de Licenciatura em Física, 2021.
- Orientadora: Prof. Dr. Argemiro Midonês Bastos.
1. Física e música. 2. Ensino de Física. 3. Interdisciplinaridade. I. Mendes, Mateus Ribeiro. I. Bastos, Prof. Dr. Argemiro Midonês, orient. II. Título.
-

ERISON DE SOUZA MARQUES
MATEUS RIBEIRO MENDES

FÍSICA E MÚSICA:

o uso de instrumentos musicais como recurso didático para uma abordagem lúdica dos fenômenos físicos envolvidos na produção e propagação do som

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso Superior de Licenciatura em Física, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá – Ifap, como requisito avaliativo para obtenção de título de Licenciatura em Física.

Orientador: Prof. Argemiro Midonês Bastos.

BANCA EXAMINADORA

Argemiro Midonês Bastos

Prof. Dr. Argemiro Midonês Bastos - IFAP

Nayara França Alves

Prof. Ma. Nayara França Alves - IFAP

Erlyson Farias Fernandes

Prof. Me. Erlyson Farias Fernandes - IFAP

J.---

Prof. Me. Luis Aramis dos Reis Pinheiro - UNB

Data de aprovação: 14/04/2021.

Nota: 77

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter nos dado saúde e força para superar as dificuldades, pessoais e acadêmicas. Agradecemos às nossas Famílias por toda compreensão e apoio, principalmente pelos incentivos para que assim fosse possível as nossas chegadas até aqui.

Ao nosso orientador Professor Doutor. Argemiro Midonês Bastos por todo o engajamento com o nosso projeto, por estar sempre disposto a esclarecer dúvidas. Por ser um docente de excelência, que sempre nos mostrou caminhos diferentes de se fazer as coisas, sobretudo, em suas aulas de física experimental.

Gostaríamos de agradecer em especial ao professor Astrogecildo Ubaiara Brito, que não participou diretamente da pesquisa, mas além de ser uma fonte de inspiração para todos os acadêmicos que tiveram a oportunidade de participar de suas aulas, é um profissional de excelência, somos gratos por toda sua dedicação no decorrer do curso de graduação.

Ao Professor Thiago Sousa que sempre foi um incentivador e um profissional espetacular, especialmente em suas aulas de exposição experimental e aulas dinâmicas, que tivemos a honra de participar, ao longo da graduação.

A todos que contribuíram, em especial: Mayara Silva, por ter auxiliado nas correções e revisões, Brenda Pinheiro pelos diálogos e trocas de ideias, Willians Moreira pelo companheirismo e todos os outros aqui não mencionados, mas que somos gratos pelas contribuições.

RESUMO

Debater o ensino da Física é colocar em pauta a interdisciplinaridade. A aprendizagem baseada em projetos é importante para que os alunos possam identificar como aspectos do seu cotidiano estão conectados com outras ciências. O objetivo geral que embasou esta pesquisa foi analisar o processo de ensino-aprendizagem dos fenômenos físicos envolvidos na produção e propagação do som, estabelecendo uma conexão com a música, através de uma abordagem lúdica e potencialmente significativa, tendo como foco os instrumentos musicais de sopro e cordas. Trata-se de uma pesquisa qualitativa realizada com 10 alunos do nível médio. Inicialmente confeccionou-se kits didáticos, que foram entregues aos participantes. No desenvolvimento da pesquisa foram aplicados dois questionários, antes e depois da realização da oficina didática, que ocorreu pela plataforma Google Meet. Na oficina abordou-se como transcorre a produção e propagação do som no violino, violão, flauta doce e flauta de PVC. Foi utilizado a ferramenta de simulação virtual, Phet, como apoio na realização da oficina, para demonstrar o comportamento e características de uma onda sonora. Através dos questionários constatou-se que os participantes, compreenderam o funcionamento dos instrumentos musicais apresentados e sua relação com a Física. Apresentação da oficina didática surtiu efeito positivo, como uma forma de se ensinar física, saindo do método tradicionalista e expositivo, colocando em pauta a interdisciplinaridade entre Física e Música no contexto formativo dos participantes.

Palavras-chave: Ensino de Física. Música. Som. Inovação. Interdisciplinaridade.

ABSTRACT

To debate the teaching of Physics is to put interdisciplinarity on the agenda. Project-based learning is important for students to identify how aspects of their daily lives are connected with other sciences. The general objective that supported this research was to analyze the teaching-learning process of the physical phenomena involved in the production and propagation of sound, establishing a connection with music, through a playful and potentially significant approach, focusing on wind musical instruments. and strings. This is a qualitative research carried out with 10 high school students. Initially didactic kits were made, which were delivered to the participants. In the development of the research, two questionnaires were applied, before and after the didactic workshop, which took place through the Google Meet platform. In the workshop, it was discussed how the production and propagation of sound in the violin, guitar, recorder and PVC flute takes place. The virtual simulation tool, Phet, was used to support the workshop, to demonstrate the behavior and characteristics of a sound wave. Through the questionnaires it was found that the participants understood the functioning of the presented musical instruments and their relationship with Physics. Presentation of the didactic workshop had a positive effect, as a way of teaching physics, leaving the traditionalist and expository method, placing on the agenda the interdisciplinarity between Physics and Music in the formative context of the participants.

Keywords: Physics teaching. Song. Sound. Innovation. Interdisciplinarity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Representação de uma onda sonora	24
Figura 02 - Velocidade do som em diferentes meios materiais	24
Figura 03 - Representação de uma onda estacionária	25
Figura 04 - Ordem de apresentação dos instrumentos na oficina	27
Figura 05 - Lócus de aplicação da pesquisa	28
Figura 06 - Acadêmico confeccionando as flautas	30
Figura 07 - <i>Kits</i> didáticos concluídos	30
Figura 08 – Descrição dos momentos da oficina didática	31
Figura 09 – Realização da oficina didática	31
Figura 10 - Violão usado na oficina didática	32
Figura 11 - Violino usado na oficina didática	32
Figura 12 - Flauta soprano usada na oficina didática	33
Figura 13 - Flauta de PVC usada na oficina didática	33
Figura 14 - Acadêmico realizando a atividade de parâmetros sonoros	46
Figura 15 - Primeiro vídeo disponibilizado para os participantes	48
Figura 16 - Segundo vídeo disponibilizado para os participantes	48
Figura 17 - Terceiro vídeo disponibilizado para os participantes	48
Figura 18 - Quarto vídeo disponibilizado para os participantes	48
Figura 19 - Roteiro para a construção da flauta de PVC	49
Figura 20 - Família das flautas doces	49
Figura 21 - Afinador utilizado na oficina	49
Figura 22 - Partes do violão	50
Figura 23 - Partes do violino	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Classificação dos instrumentos musicais utilizados na pesquisa	21
Tabela 02 - Distribuição das etapas da pesquisa	29
Tabela 03 - Escala modelo baseado na nota dó central do piano	33
Tabela 04 - Respostas dos participantes a terceira pergunta do questionário inicial	35
Tabela 05 - Respostas dos participantes a quarta pergunta do questionário inicial	36
Tabela 06 - Respostas dos participantes a segunda questão do questionário final	37
Tabela 07 - Respostas dos participantes a terceira questão do questionário final	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

COVID-19	<i>Corona Virus Disease 2019</i>
H	Hipótese
IFAP	Instituto federal de educação ciência e tecnologia do Amapá
PVC	Policloreto de vinila
PIBIC	Programa de iniciação científica
PIBID	Programa de iniciação à Docência
PIBIC	Programa de iniciação científica
TAS	Teoria da aprendizagem significativa

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	JUSTIFICATIVA	14
2.1	Problemática	14
2.2	Hipóteses	14
3	OBJETIVOS	16
3.1	Objetivo geral	16
3.2	Objetivos específicos	16
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
4.1	Teoria da aprendizagem significativa	17
4.2	A utilização de oficinas com abordagem lúdica no ensino de física	18
4.3	O uso de instrumentos musicais no ensino de física	19
4.3.1	Classificação dos instrumentos musicais	20
4.3.2	A conexão entre a Física e a música no desenvolvimento do som na história	21
4.3.3	Uma breve análise da teoria musical	22
4.4	A interdisciplinaridade no ensino de física	22
4.5	Ondas sonoras	23
5	METODOLOGIA	26
5.1	Natureza da pesquisa	26
5.1.1	Caracterização da pesquisa	27
5.1.2	Classificação quanto aos fins da pesquisa.	27
5.1.3	Classificação quanto aos meios da pesquisa.	28
5.2	Lócus e sujeito da pesquisa	28
5.3	Técnicas e instrumentos de pesquisa	29
5.4	Descrição das etapas da pesquisa	29
5.4.1	Aplicação do Questionário inicial - etapa 1	29
5.4.2	Entrega do <i>kits</i> e realização das oficinas – etapa 2	28
5.4.3	Descrição da Oficina de Instrumentos de Cordas	29
5.4.4	Descrição da oficina de Instrumentos de Sopros	33
5.4.5	Aplicação do questionário final - etapa-3	34
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
6.1	Análise do questionário inicial	35

6.2	Análise do questionário Final	37
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
8	REFERÊNCIAS	41
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO INICIAL	44
	APÊNDICE B – OFICINA DE SOPROS	45
	APÊNDICE C – OFICINA DE INSTRUMENTOS DE CORDAS	46
	APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO FINAL	47
	ANEXO A – VÍDEOS DE APOIO PARA A PESQUISA	48
	ANEXO B – MATERIAIS DE APOIO PARA A PESQUISA	49

1 INTRODUÇÃO

Considerando o cenário em que se encontra a educação, em especial o ensino de Física, onde as aulas em sua maioria são tradicionais, marcadas com a utilização de quadro e pincel é válido colocar em pauta aspectos de interdisciplinaridade, experimentos científicos, oficinas e minicursos que segundo Moreira (2018) é essencial para desenvolver o senso crítico e a interpretação de resultados.

No intuito de promover ensino de Física através do uso de instrumentos musicais, como recurso didático para uma abordagem lúdica dos fenômenos físicos envolvidos na produção e propagação do som, o presente projeto coloca em pauta a conexão entre o estudo das ondas sonoras e suas implicações com a música, como: a explicação Física para as cordas de violão serem terem diferentes espessuras, altura se refere a frequência de uma nota? O que é uma onda estacionária? O que difere o som de ruído? O material que é feito o instrumento influencia na qualidade do seu som?

Geralmente quando se fala sobre ondas sonoras, uma das aplicações que se pode pensar é no uso de instrumentos musicais, e esses são um ótimo recurso para se trabalhar sobre esse tema Krummenauer et al. (2009). Diante disso, segundo Carneiro (2019) a maioria dos alunos apresentam dificuldades em traduzir as equações, conceitos e associá-los com experiências do seu cotidiano.

Nessa vertente, nesta pesquisa utilizou-se como apoio a realização de oficinas didáticas, com instrumentos de sopros e de cordas, para uma melhor compreensão do comportamento das ondas sonoras. As estratégias adotadas são direcionadas de acordo com a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel, valorizando o conhecimento prévio dos alunos sobre o tema abordado, especialmente os conceitos de Física, fazendo-se assim a soma desses conhecimentos, já incorporado pelo aluno, com os abordados durante a aplicação do projeto.

Para alcançar as hipóteses, se utilizou das oficinas didáticas, onde foram enfatizadas as seguintes questões: a utilização desses instrumentos musicais ajudam em uma melhor compreensão dos fenômenos ondulatórios do som? O aprendizado do aluno se torna mais eficaz com a aplicação dessa metodologia? Como o uso das oficinas pode melhorar a compreensão dos alunos sobre o estudo do som?

Desta forma, o foco desta pesquisa foi verificar se os conceitos de Física sobre o som podem ser mais compreensíveis do ponto de vista do aluno, através dos instrumentos: violão, violino, flauta doce e flauta de PVC. Para obtenção destes dados foi usado a aplicação de dois questionários abertos, para que os alunos tivessem liberdade em suas respostas.

Como etapas de desenvolvimento desta pesquisa, adotou-se três etapas para a aplicação: A primeira etapa refere-se ao envio do primeiro questionário de sondagem. A segunda etapa consistiu na entrega dos *Kits didáticos* aos participantes, que foi utilizado na oficina de flauta de PVC, realizada pela plataforma *Google Meet*. Na terceira etapa houve a aplicação do questionário final e a análise dos dados obtidos.

2 JUSTIFICATIVA

Os processos educacionais em sua maioria apresentam uma relação de testagem e memorização dos conteúdos de Física Moreira (2018), explorar a relação entre Física e Música torna-se uma ferramenta elementar para subsidiar a aprendizagem em sala de aula.

Segundo Dantas e Cruz (2019) a conexão entre a Física e Música é visível na medida em que os professores constroem uma sequência lógica sobre os conceitos presentes nessas duas áreas que estão presentes no conteúdo estudado em sala de aula. Diante disso, utilizar os instrumentos musicais como ferramenta de apoio para promover um ambiente diversificado no ensino, é colocar em rol aspectos relevantes, ligados a novas metodologias.

O interesse pelo uso dos instrumentos musicais como metodologia desta pesquisa surgiu a partir das experiências adquiridas pelo contato com os alunos do ensino médio, através das disciplinas práticas de ensino de Física, estágio supervisionado juntamente com participações em projetos como residência pedagógica, iniciação científica e monitoria, sendo assim, observou-se que na maioria das situações os alunos memorizam as expressões Físicas não conseguindo interpretar resultados.

Nesse sentido de testagem e falta de contextualização nas aulas de Física, Costa e Barros (2015) afirmam que é preciso utilizar práticas diferentes no ensino mesmo que sejam simples, capazes de diminuir os déficits no ensino de Física, promover uma aproximação do conteúdo e o cotidiano do aluno preenchendo assim as lacunas na interpretação dos resultados.

A proposta da pesquisa foi abordar o conteúdo de ondas sonoras e relacionar com os instrumentos musicais de duas classes: Os de cordas (violino e violão) e os de sopro (flautas, uma germânica e outra feita de tubos de policloreto de vinila). A relação dos instrumentos musicais e a Física, juntamente com matérias de baixo custo, podem ser uma forma de potencializar o aprendizado do aluno, no que diz respeito aos conceitos físicos que podem ser abordados nessas duas grandes áreas, Física e Música.

2.1 Problemática

Como o uso de instrumentos musicais de sopro e cordas, pode potencializar o processo de ensino e aprendizagem dos fenômenos físicos envolvidos na produção e propagação do som, através de uma abordagem lúdica? Neste sentido Krummenauer et al. (2009) apresenta que potencializar o ensino e aprendizagem é fazer uma aula mais dinâmica do conteúdo buscando sempre que possível aproximar o aluno com o assunto a ser estudado.

2.2 Hipóteses

Apresenta-se aqui, respectivamente, as três hipóteses que a pesquisa buscou alcançar através da sua aplicação, coleta de dados e interpretação dos resultados.

H0 O uso de instrumentos musicais melhora o processo de ensino e aprendizagem dos fenômenos envolvidos na produção e propagação de ondas sonoras, pois a Física está diretamente ligada ao fenômeno de produção de som nesses instrumentos.

H1 A Física está presente na música, com isso uma abordagem interdisciplinar pode potencializar o ensino e a compreensão do estudante, fazendo com que o aprendizado seja repleto de significados

H2 Uma abordagem lúdica, através de uma oficina de construção de uma flauta doce, com apresentação dos instrumentos musicais, melhora a compreensão dos fenômenos físicos presente nos instrumentos musicais.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

- Analisar o processo de ensino e aprendizagem dos fenômenos físicos envolvidos na produção e propagação do som, estabelecendo uma conexão com a música, através de uma abordagem lúdica e potencialmente significativa, tendo como foco os instrumentos musicais de sopro e cordas por meio de oficinas didáticas.

3.2 Objetivos específicos

- Apresentar a interdisciplinaridade entre o conteúdo de ondulatória e a música, utilizando instrumentos musicais.
- Melhorar a compreensão do funcionamento dos instrumentos de sopro e de cordas através de oficinas.
- Apresentar aos alunos as características do som e como se propaga em cada um dos instrumentos musicais.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O tópico 4.1 aborda aspectos da teoria da aprendizagem significativa e as circunstâncias necessárias para que a mesma possa ocorrer. No tópico 4.2 explicita como a utilização de oficinas de forma lúdica podem favorecer o ensino de Física. E por fim, o tópico 4.3 explana sobre alguns instrumentos musicais e seu uso no ensino de Física.

4.1 Teoria da aprendizagem significativa

Neste tópico apresentaremos conceitos importantes da teoria de aprendizagem significativa (TAS) proposta por David Paul Ausubel na abordagem de Moreira (2011 e 2012). Para o desenvolvimento deste tópico seremos guiados por dois questionamentos: O que é aprendizagem significativa? E quais as condições necessárias para ocorrer aprendizagem?

Aprendizagem significativa é o ponto central da teoria de aprendizagem de David Ausubel caracterizada pelo processo em que uma nova informação (um novo conhecimento) se relaciona de maneira não arbitrária e substantiva (não-literal) à estrutura cognitiva do aprendiz. Ou seja, a nova informação apresentada conecta-se com os conhecimentos já presentes na estrutura cognitiva do aluno, formando, por consequência, um novo significado. Este conhecimento prévio do aluno, denominou-se de subsunçor ou de ideia âncora. (MOREIRA, 2011).

Subsunçor, de acordo com Moreira (2012) é a definição que se dá a um conhecimento específico, existente na estrutura cognitiva do indivíduo, que permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto. Partindo deste ponto, temos dois conceitos importantes a serem destacados, definidos pelo autor como: diferenciação progressiva e reconciliação integradora.

A diferenciação progressiva, de acordo com Moreira (2012), é o processo de atribuição de novos significados a um dado subsunçor, resultante da sucessiva utilização desse subsunçor para dar significado a novos conhecimentos, ou seja, há um aumento, uma progressão do conhecimento, prévio o indivíduo.

A reconciliação integradora é um processo da dinâmica da estrutura cognitiva (MOREIRA, 2012). Isto é, uma reconfiguração da aprendizagem que ocorre simultaneamente com a diferenciação progressiva, quer dizer que, enquanto está havendo a progressão do conhecimento prévio, há também, a reconfiguração da aprendizagem. Contudo podemos observar que o conhecimento prévio do aluno é de suma importância para que ocorra a aprendizagem significativa, como descrita por Moreira (2012):

O conhecimento prévio é, na visão de Ausubel, a variável isolada mais importante para a aprendizagem significativa de novos conhecimentos. Isto é, se fosse possível isolar uma única variável como sendo a que mais influencia novas aprendizagens, esta variável seria o conhecimento prévio, os subsunçores já existentes na estrutura cognitiva do sujeito que aprende (MOREIRA, 2012, p. 07).

Deve-se considerar os casos em que há ausência de conhecimentos prévios. Nessa situação, propõe-se a utilização de organizadores prévios, os quais, segundo Moreira (2012), correspondem a recursos instrucionais que são apresentados em alto nível de abstração e inclusividade, antes do material de aprendizagem. Ainda segundo o autor, estes podem ser de dois tipos: expositivos, quando o material não é familiar para o aluno, e comparativos, caso contrário.

Para ocorrência de aprendizagem significativa, Moreira (2012) menciona duas condições básicas: “1) o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo e 2) o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender.” O autor citado enfatiza que o material utilizado não pode ser significativo, somente potencialmente significativo. Por isso, não existe aula, nem livro significativo, pois o significado está nas pessoas.

Nesse aspecto, a metodologia desta pesquisa visa o ensino e aprendizagem galgados na teoria de aprendizagem significativa, utilizando-se de recursos instrucionais para abordagem do conteúdo referente a ondas sonoras. Portanto, buscou-se fazer com que essa ferramenta se tornasse potencialmente significativa para os alunos participantes.

4.2 A utilização de oficinas com abordagem lúdica no ensino de física

A utilização de oficinas de caráter lúdico no ensino de Física possui características específicas de cada docente, estabelecer a interdisciplinaridade nos conteúdos de Física dinamiza o ensino e promove a fuga do ensino tradicionalista, trabalhar as disciplinas de maneira isoladas, dificulta o entendimento e interpretação gerando deficiências no senso crítico nos alunos (FERNANDES, 2018).

Nesse sentido as oficinas não cumprem apenas o papel de ensinar de maneira diferente e lúdica, mas também buscar metodologias diferenciadas como realização de atividades experimentais com materiais de baixo custo, palestras que incluem mais a participação do aluno, jogos de tabuleiros e o uso de *softwares* no ensino, o uso desses recursos metodológicos contribuem para o entendimento mais igualitário e sem distinção, pois apresenta aspectos da realidade do aluno (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

O aprendizado relacionado ao ensino de Física no que se refere a déficit em interpretar, relacionar os conceitos teóricos e as fórmulas físicas ao o dia-a-dia, na maioria das vezes são advindas das dificuldades não cessadas durante a educação básica (VENÇÃÕ; NASCIMENTO; SILVA 2017) esses fatores dificultam a inserção dos conteúdos de Físicas.

Desta maneira, o uso de oficinas se enquadra em uma metodologia inovadora que com a adequação do conteúdo e da linguagem pode-se diminuir as dificuldades em relação ao conteúdo de maneira que chame a atenção do aluno (MOURÃO; SILVA E SALES 2020).

Com isso, através da observação das oficinas, pode-se identificar as potencialidades de cada aluno do ensino fundamental até o ensino médio, trabalhando assim os pontos positivos gerados pelo desempenho em uma área do conhecimento e preparando para o ambiente acadêmico e profissional (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

4.3 O uso de instrumentos musicais no ensino de física

Uma estratégia para o ensino de Física, é a utilização de instrumentos musicais para se explicar os fenômenos ondulatórios relacionados à acústica, o objetivo além de proporcionar um ensino mais diversificado e lúdico, é uma possibilidade de tornar uma aula mais dinâmica, promovendo aos alunos o saber da interpretação e entendimento dos conceitos e resultados (COSTA E BARROS, 2015).

No que se refere ao uso do método expositivo, tem como consequência a dificuldade de interpretação do conteúdo limitando as suas capacidades para um desempenho melhor (COSTA E BARROS, 2015). Com isso, buscar novas metodologias para promover uma educação que coloque em pauta a realidade em que o aluno está inserida, é importante para o seu desempenho estudantil, a exemplo disso, utilizar os instrumentos musicais para se ensinar física tem o objetivo de promover uma aprendizagem de cunho significativo explorando os conhecimentos prévios relacionados ao som na vida dos alunos (LIMA E DAMÁSIO, 2019).

No que se refere ao estudos das ondas sonoras, o professor precisa adotar métodos como atividades experimentais e *softwares* para facilitar a visualização desses fenômenos, a exemplo disto, utilizar os instrumentos musicais para suprir essa necessidade é viável uma vez que os instrumentos musicais utilizam dos conceitos físicos como a altura, frequência e intensidade das notas musicais para o seu funcionamento (MOURA E NETO, 2011).

Em síntese os conceitos físicos por trás dos instrumentos musicais ao ser aproveitada de maneira didática, como trabalhar com os movimentos harmônicos e ondulatórios, promove assim o potencial dos alunos, tornando-os mais ativos na discussão do assunto a ser ensinado (CARDOZO, 2016).

Na investigação da produção e propagação das ondas sonoras nos instrumentos musicais, destaca-se o conceito de fonte sonora, ao qual se refere a qualquer tipo de fonte capaz de emitir som com frequências e amplitudes, podendo ser detectadas pelo ouvido humano (GASPAR, 2013). No estudo destas fontes, os instrumentos musicais tornam-se um modelo essencial para uma aula mais dinâmica, podendo explicar as propriedades de onda reflexão, refração, interferência, ressonância e difração relacionados a cada instrumento em particular (KRUMMENAUER *et al.* 2009).

4.3.1 Classificação dos instrumentos musicais

A Física possui divisões de áreas que a compõem a exemplo: mecânica, termologia, ondulatória, óptica, eletromagnetismo, Física moderna, sendo assim, segundo Filho (2009) a área que estuda organização dos instrumentos musicais chama-se organologia.

A forma de organizar os instrumentos musicais, considera os conhecimentos acumulados de outras culturas antigas (gregos, árabes, indianos e chineses) que contribuíram para o entendimento da pluralidade dos instrumentos musicais (FILHO, 2009).

Foi desenvolvido por Victor-Charles Mahillon (1841-1924) o primeiro sistema analítico que classificou os instrumentos musicais. Em seguida esse sistema foi adaptado por Erich Moritz von Hornbostel (1877-1935) e Curt Sachs (1881-1959), onde foi criado um sistema mais preciso conhecido até hoje como sistema Hornbostel-Sachs (ou Sachs-Hornbostel).

Assim, esse sistema se baseava nos parâmetros já estabelecidos por diversos estudiosos que o antecederam e que devido a quantidades de instrumentos musicais que existiam, resolveu-se enquadrar cada um especificamente, como descreve Ballesté (2012):

O musicólogo Victor-Charles Mahillon (1841-1924), em 1874, após assumir a curadoria do Musée des Instruments de Musique – MIM em Bruxelas, estabelece um critério para a classificação de instrumentos, que inclui as quatro divisões utilizadas no sistema indiano. O critério principal da classificação é a vibração do instrumento: autôfonos ou idiofonos, instrumentos rígidos que produzem o som pela vibração em seu próprio corpo (exemplos: prato, triângulo); instrumentos de membrana, aqueles nos quais o som é produzido pela contração e descontração de uma membrana (exemplos: tambor); instrumentos de cordas, em que a vibração das cordas produz o som (exemplos: violão, violino); instrumentos de “ar”, em que uma coluna de ar vibra produzindo o som (exemplos: flauta, trompa), (BALLESTÉ, 2012, p.06).

O sistema de Hornbostel-Sachs, foi organizada considerando a forma que cada instrumento musical produz o som, promovendo a divisão hierárquica de quatro grandes classes: Os idiofonos, instrumentos musicais que produzem vibrações provenientes de seu próprio corpo, os membrâfonos, instrumentos musicais feitos de membrana ou “pele” artificial

ou animal, que promovem vibrações com a expansão e contração de suas membranas quando estimuladas, os cordofones, instrumentos musicais cuja a produção do som se remete a vibração das cordas, os aerofones, instrumentos musicais que a produção se estabelece pela vibração de uma coluna de ar.

Por último foi criado os eletrofonos instrumentos musicais onde as vibrações mecânicas são convertidas em vibrações elétricas, dessa forma, para a presente pesquisa foi utilizado duas classificações dessas citadas acima, no (tabela 1) está listado alguns instrumentos musicais e suas características que fazem a produção das ondas sonoras.

Tabela 01 - Classificação dos instrumentos musicais utilizados na pesquisa.

Sistema de Hornbostel-Sachs	Elemento vibratório	Elemento que estimula o som	Quantidade de semanas	Atividade a ser desenvolvida
Aerofones	Coluna de ar	Apito	1 semana	Envio do questionário inicial e dos vídeos do <i>you tube</i>
Cordofones	Cordas	Friccionada	Arco	Violino
		Tangida	Palheta	Violão

Fonte: Autores, 2020.

4.3.2 A conexão entre a Física e a música no desenvolvimento do som na história

Neste tópico apresenta-se de forma breve, a ligação entre a Física e a música durante a história, onde destacam-se alguns cientistas que se empenharam em estudar o som e suas características. A respeito dessa conexão, os fenômenos ondulatórios ao qual as duas áreas partilham, sempre foi objeto de estudo para o homem, que procurou entender esses fenômenos, no qual pode-se apresentar curiosidades sobre a velocidade do som em diferentes meios e como funciona a audição (DONOSO, 2012).

Em virtude da contribuição destes cientistas no estudo do som, Marin Mersenne (1588-1648) estudou pesquisas voltadas para acústica sendo um dos primeiros a descobrir o valor de uma nota musical, Robert Hooke (1635 – 1703) no ramo da acústica analisou que a frequência de onda cresce conforme se aumentava a velocidade, desta maneira experimentalmente obteve a noção para se calcular a frequência dos sons produzidos pelas notas musicais (DONOSO, 2012).

George S. Ohm (1789-1854) explica que as notas musicais são funções da matemática de forma e que o ser humano é capaz de diferenciar essas notas quando tocadas por algum instrumento musical uma de cada vez, essa característica para a física chama-se timbre.

Em relação ao estudo das frequências das notas musicais, Christian Johann Doppler (1803-1853) demonstrou que a alteração da frequência sonora percebida pelo observador em virtude do movimento relativo de aproximação ou afastamento entre a fonte e o observador o que seria chamado mais tarde de efeito Doppler (SCHUSTER, 2007).

4.3.3 Uma breve análise da teoria musical

A música utiliza os conceitos relacionados ao som para representar sua linguagem musical no que diz respeito à altura das notas, intensidade e duração (DANTAS E CRUZ, 2019). Dessa maneira, a música é formada por três elementos essenciais para o estudo da teoria musical, melodia, harmonia e ritmo.

A Melodia se refere a sequências de notas ou sons executados de maneira isolada formando assim uma linha melódica, a harmonia se refere a duas ou mais notas de graus distintos executadas instantaneamente. Por fim o ritmo é a organização de cada nota em um certo intervalo de tempo (ADOLFO, 2012).

No sistema ocidental, a música possui sete notas musicais ordenadas sequencialmente conforme o sistema pitagórico Dó, Ré, Mi, Fá, Sol, Lá, Si, que combinadas em conjunto com harmonia, melodia e ritmo formam a música (GRILLO E PEREZ, 2016). O conceito de Música se refere a arte de combinar sons, de maneira que agrade ao sistema auditivo humano, tal combinação se dá por meio de notas musicais, ou seja, através de frequências sonoras (DANTAS E CRUZ, 2019). As combinações destas setes notas formam um sistema que serve como referencial para identificar a estrutura de cada música individualmente, essas estruturas são chamadas de escalas musicais (JÚNIOR E CARVALHO, 2011).

Existem escalas maiores e menores, elas são um dos principais pilares para o entendimento da teoria musical, o conceito de uma escala musical é a sequência de notas tomadas em conjunto (DANTAS E CRUZ, 2019). No sistema ocidental a menor distância entre dois sons é um semitom, logo a soma de dois semitons é conhecida como tom. As escalas maiores e menores se diferenciam pela quantidade de tons e semitons, o que permite diferenciá-las e identificar características como a altura e a tonalidade que a música está.

4.4 A interdisciplinaridade no ensino da física

Em termos do ensino da Física, quase sempre é realizado por aulas expositivas e cansativas para o aluno, esse método tem como consequência o aprendizado mecânico, por meio da repetição de questões que pouco abordam situações do cotidiano e relações com outras áreas do conhecimento (YABIKU E BERNARDO, 2020).

No que se refere a interdisciplinaridade torna-se importante para que haja trocas de saber na sala de aula, entre professor e aluno promovendo assim ensino mais significativo (SILVA; ROTTA; GARCIA, 2020). Tal qual, o uso da interdisciplinaridade para o ensino ainda enfrenta muitas dificuldades, como o paradigma de se manter no método expositivo em que pouco envolve o aluno, em relação a esse paradigma apresenta Mozena e Ostermann (2014):

Em termos de ensino, esse paradigma é oriundo da falácia da organização curricular por disciplinas tradicionais, que gera um acúmulo de informações, mas pouca contribuição para a vida pessoal e profissional. Esse paradigma tem como base a ideia de que o conhecimento é complexo e, portanto, não pode ser apreendido em sua essência por meio de suas partes (MOZENA E OSTERMANN, 2014, p. 02).

Com o intuito de buscar novos métodos de ensino, fazer o uso da interdisciplinaridade ligando aspectos da teoria à prática, é essencial para que o aluno consiga enxergar os fenômenos físicos envolvidos em seu cotidiano (MOURA E NETO 2011). O uso da interdisciplinaridade em sala de aula é importante para a construção do conhecimento do aluno, o qual torna-se possível de ser implementada em sala de aula, pois promove um caminho metodológico que dá origem a um diálogo entre saberes (YABIKU E BERNARDO, 2020). Desta forma entende-se por interdisciplinaridade como uma operação de trocas de saber de maneira mútua em que se faz a conexão com várias áreas do conhecimento, promovendo um ambiente em que não há fragmentação (PEREZ, 2018).

4.5 Ondas sonoras

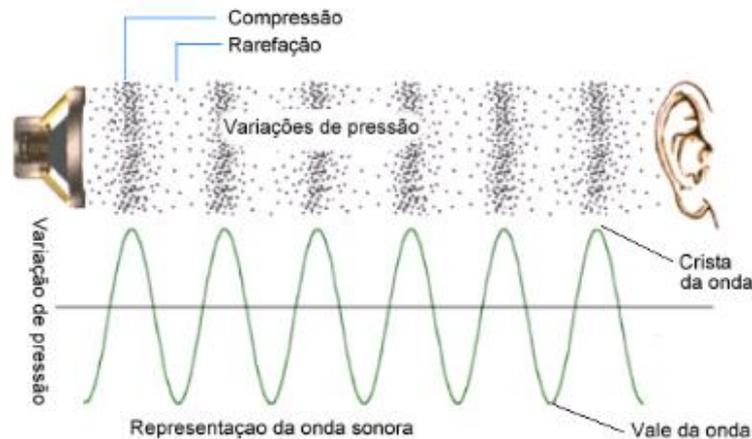
O som é a propagação de uma onda mecânica e longitudinal que se propaga tridimensionalmente pelo espaço, devido a diferença da pressão ambiente detectável pelo ouvido humano, já o ruído é o conjunto de sons desordenados e que causam incômodo para audição humana (GRILLO E PEREZ, 2016).

Com isso, os pontos de compressão de uma onda sonora remete a zona de maior densidade do ar enquanto os pontos de rarefação, estabelece a zona de menor densidade do ar, como pode-se observar na Figura 01, assim, esses dois fatores se associam a uma onda longitudinal, onde a propagação tem a mesma direção da perturbação que a gerou (HALLIDAY E RESNICK, 2016).

Outro ponto importante no estudo do som, são os parâmetros sonoros (altura, intensidade, timbre), sendo a altura a frequência da onda sonora, onde o som agudo possui maior frequência e o som grave possui menor frequência (GASPAR, 2013). A intensidade está ligada com a energia da onda sonora, neste caso, juntamente com sua amplitude, com isso, é a

qualidade que permite diferenciar os sons fortes dos sons fracos. O timbre é a identidade sonora que está relacionada com a característica de cada fonte, esse aspecto físico permite identificar sons emitidos de mesma altura e mesma intensidade, muito útil na música.

Figura 01 - Representação de uma onda sonora.



Fonte: Sabina (2017).

Algumas características do som ajudam a entender melhor os fenômenos relacionados no cotidiano, o som por ser uma onda mecânica necessita de um meio material para se propagar, para cada meio, o som possui uma velocidade distinta (Figura 02), a exemplo disso a velocidade na corda de um violão é maior, do que a velocidade do som na coluna de ar de uma flauta, sendo que a velocidade no sólido é maior que a velocidade do som no ar (GASPAR, 2013).

Figura 02 - Velocidade do som em diferentes meios materiais.



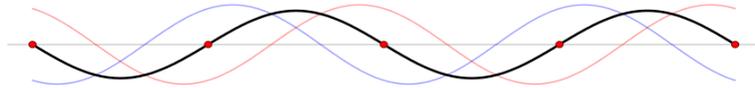
Fonte: Unknown (2016).

Para facilitar a visualização dos fenômenos físicos, pode-se utilizar *softwares* e experimentos para facilitar o entendimento. No caso das ondas sonoras, utilizar os instrumentos musicais torna-se um recurso viável, onde é possível trabalhar os estudos das cordas vibrantes através do violão, e para os tubos sonoros utilizar uma flauta, fazendo assim um ambiente mais dinâmico através da experiência com esses instrumentos (KRUMMENAUER *ET AL.* 2009).

No que se refere ao comportamento das ondas sonoras em instrumentos musicais, pode-se destacar as ondas estacionárias (figura 03) que é sobreposição duas ondas periódicas que possuem a mesma amplitude, frequência e comprimento de onda, quando propagam-se em

sentidos contrários em um meio, a interferências das mesmas (CAVALCANTE; PEÇANHA; TEIXEIRA, 2013).

Figura 03 - Representação de uma onda estacionária.



Fonte: Jubilut (2019).

5 METODOLOGIA

5.1 Natureza da pesquisa

A pesquisa possui caráter aplicado. Considerando o objetivo apresentado na pesquisa, utilizar os instrumentos musicais para o ensino de física é fundamental para que os participantes entendam de forma significativa o objetivo da aplicação da mesma. Desta forma, pesquisas de natureza aplicada desenvolvem o objetivo de conhecer e explicar os fenômenos de um determinado grupo tendo como resultado respostas significativas desse grupo (PRODANOV E FREITAS, 2013).

5.1.1 Caracterização da pesquisa

A Pesquisa teve caráter qualitativo, visto que a finalidade foi avaliar os aspectos da realidade no aprendizado do aluno, onde pretendeu-se observar como os alunos conseguem interpretar o conteúdo de ondulatória e música. Sobre a pesquisa qualitativa, sua principal característica está na utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados, como questionário e observação sistemática (FREGONEZI *et al.*, 2014).

Considerando as técnicas utilizadas na sondagem da pesquisa apresentada, o método qualitativo estabelece fatores que atuam no comportamento do investigador, esses fatores influenciam na erudição dos fenômenos de acordo com o contexto associado aos seus métodos uma pesquisa dinâmica e que se preocupa com aspectos da realidade (PRODANOV E FREITAS, 2013).

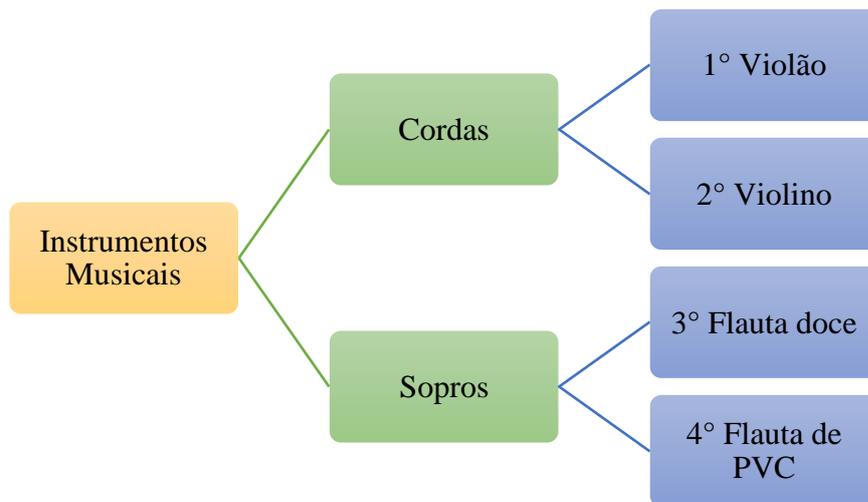
Para o desenvolvimento da pesquisa, utilizou-se três etapas, as quais abordam os questionários e a oficina didática. Na primeira etapa foi feito o convite para os participantes, criando em seguida um grupo de *whatsapp* para repassar as informações enviando em seguida aos endereços eletrônicos dos participantes o questionário inicial.

Para a segunda etapa foram coletados os dados do primeiro questionário enviado para os *e-mails* dos participantes. Disponibilizou-se no grupo de *whatsapp* pequenos vídeos do *youtube* para reforçar o conhecimentos prévios dos participantes, somando com a confecção dos *kits* didáticos e entrega nas residências dos participantes, os *kits* foram feitos com o propósito de incentivar a colaboração dos participantes para a pesquisa, visto que o Cenário de pandemia gerado pela Covid-19 impossibilitou encontros presenciais. Na terceira etapa foi enviado o questionário final onde foi coletado os dados do mesmo, em seguida foi feita a interpretação dos resultados adquiridos.

O *whatsapp* é um aplicativo de troca de mensagens e comunicação em áudio e vídeo pela internet, disponível para smartphones *Android*, *iOS*, *Windows Phone*, *Nokia* e computadores *Mac* e *Windows*.

Sobre os instrumentos musicais utilizados durante a oficina, a apresentação foi realizada em ordem (Figura 04), o que possibilitou uma análise minuciosa dos mesmos, foi explicado como é a produção e propagação do som no violão, violino, na flauta doce e na flauta de PVC. No que se refere ao uso de oficinas como ferramenta didática, seja expositiva ou experimental torna-se uma estratégia de ensino consequente que desperta o interesse e a curiosidade nos alunos (MOURÃO; SILVA; SALES, 2020).

Figura 04 - Ordem de apresentação dos instrumentos musicais na oficina.



Fonte: Autores 2021.

5.1.2 Classificação quanto aos fins da pesquisa.

A pesquisa se classifica como descritiva, pois cumpre o objetivo da descrição das características de uma população, fenômeno ou de uma experiência (GIL,2008). Ao propor a pesquisa ao nível médio, onde descrever os fatores que contribuem ou não para o aprendizado da população estudada, ajudam a entender melhor a situação individual envolvida no ensino, esse tipo de pesquisa possui características próprias que possibilitam uma visão específica da população (PRODANOV E FREITAS, 2013).

Nesse sentido, enfatiza-se a necessidade de descrever cronologicamente a pesquisa realizada, considerando os limites e as etapas seguidas, a população destinada assim como o conhecimento prévio, formulário individual. As características relevantes para a contribuição desse processo investigativo é analisar os fatores importantes para uma determinada população como organização das faixas etárias e grau de escolaridade, estendendo também a opiniões e crenças (FREGONEZI *et al.*, 2014).

5.1.3 Classificação quanto aos meios de pesquisa.

Considerando os meios da pesquisa, é caracterizada como pesquisa de campo, pois buscou-se fazer observações, coleta de dados para realizar uma sondagem que é a coleta prévia de dados onde utilizou-se para ter uma dimensão do conhecimento prévio dos participantes visto que a escolaridade dos participantes analisados varia de ensino médio e superior o que contribui para as interpretações finais da pesquisa.

A característica dos meios relacionados à pesquisa, foi a fundamentação de uma pesquisa de campo. Em síntese é a pesquisa que busca informação diretamente com a população que está sendo analisada, considerando a necessidade do pesquisador ter um maior contato com o objeto estudado (GIL, 2008). Em suma optou-se por escolher esse modelo considerando o público-alvo com uma comunidade pequena.

As etapas dessa modalidade de pesquisa estabelece em primeiro lugar está ciente do que irá escrever, para ter uma linearidade sobre o assunto será escrito (PRODANOV E FREITAS, 2013). Assim o primeiro passo é fazer o levantamento do lugar e o público ao qual a pesquisa irá trabalhar, no segundo passo procurar construir um padrão referencial teórico que irá ajudar nas escolhas das variáveis, e em segundo lugar estabelecer a natureza da pesquisa e assim escolher as técnicas precisas.

5.2 Lócus e sujeito da pesquisa

A pesquisa seria desenvolvida em uma turma do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Amapá-IFAP - Campus Macapá (Figura 02), localizado na Rodovia BR-210, Km 03, S/n - Brasil Novo, AP, 68909-398, fundado no ano de 2010, atualmente oferece cursos de nível médio técnico, na modalidade integral, cursos técnicos na modalidade subsequente e cursos de nível superior.

Figura 05 - Local de aplicação da Pesquisa.



Fonte: Autores 2021.

Com as normas vigentes de distanciamento social, devido a pandemia causada pelo COVID-19, a pesquisa se desenvolveu de forma remota, por meio de ferramentas digitais, utilizando o *whatsapp* e o *Google meet*. Com isso, possibilitou a participação de dez participantes, sendo oito de instituições de ensino pública (Instituto federal do Amapá, escola Maria do Carmo Viana, escola estadual professora Esther da Silva Virgílio, Escola estadual Joaquim Nabuco e Universidade federal do Amapá) e dois da rede particular (Instituto de Ensino Superior do Amapá e Faculdade de Ensino Superior da Amazônia), não se limitando apenas ao IFAP, onde seria lócus da pesquisa, inicialmente.

5.3 Técnicas e instrumentos de pesquisa

Para o desenvolvimento desta pesquisa o instrumento utilizado foi a aplicação de questionário, com características de questionário aberto, pois consonante com Gil (2008), técnicas padronizadas, como o questionário fechado, proporcionam informações de baixo nível argumentativo, ou seja, restringe a liberdade de resposta do aluno, portanto serão feitas a aplicações de dois questionários abertos, sendo um aplicado na primeira etapa, o segundo questionário na terceira etapa como mostra o (tabela 02).

Tabela 02 - Distribuição das etapas da pesquisa.

Etapas	Números de encontros	Quantidade de semanas	Atividade a ser desenvolvida
Etapa I	Um pela plataforma <i>google meet</i>	1 semana	Envio do questionário inicial e dos vídeos do <i>youtube</i>
Etapa II	Um encontro pela plataforma <i>google meet</i> .	2 semanas	Entrega dos Kits para os inscritos e a realização das oficinas
Etapa III	Um encontro pela plataforma <i>google meet</i>	1 semana	Envio do questionário final, levantamento dos resultados e discussões da conclusão do projeto.

Fonte: Autores 2020.

5.4 Descrição das etapas da pesquisa

5.4.1 Aplicação do Questionário inicial - etapa 1

Com o intuito de evitar aglomerações em função do período da pandemia da COVID-19, foram necessárias alterações na pesquisa com o propósito da conclusão da mesma. Para a primeira etapa inicialmente foi apresentado a proposta do projeto, em seguida foi criado um

O *Google meet* é uma ferramenta da *Google* que permite as pessoas reuniões online tanto pelo computador quanto por dispositivos móveis de maneira segura e rápida.

grupo de *whatsapp* para manter o contato com os participantes sobre o andamento da pesquisa na modalidade síncrona.

Sendo assim, em virtude de avaliar o conhecimento prévio dos participantes sobre o tema, foi encaminhado no dia 02 de fevereiro de 2021 para o endereço eletrônico dos mesmos um questionário de caráter aberto e individual com cinco perguntas relacionadas à ondulatória e ao comportamento do som nos instrumentos musicais (apêndice A) no qual foram respondidos no dia 09 de fevereiro de 2021. Logo após ao envio do primeiro questionário, foi disponibilizado pelo *whatsapp* vídeos do *youtube* (anexo A) onde é explicado os conceitos físicos primordiais, como o conceito de onda estacionária, amplitude, frequência, comprimento de onda, reflexão, ressonância. Os vídeos foram enviados com a finalidade de relembrar os conceitos ondulatórios aos participantes contribuindo aos conhecimentos prévios, sendo que não seria viável a explicação dos mesmos durante as oficinas considerando o tempo da apresentação da mesma.

Para a concretização da pesquisa utilizou-se o ensino de forma remota, com as ferramentas do *Google meet* e através do *whatsapp* onde foi possível manter o contato sobre o andamento da pesquisa, tirar dúvidas a respeito da entrega dos *kits* didáticos e explicar melhor o desenvolvimento da oficina.

5.4.2 Entrega dos *Kits* e realização das Oficinas - etapa 2

Nesta etapa foram realizadas as oficinas de sopro e de cordas de forma simultânea, para melhor êxito e incentivo à participação para as oficinas, foram confeccionadas as flautas de PVC (Figura 06) que fazem parte dos *Kits* didáticos (Figura 07), que são compostos por uma flauta doce, um violão pequeno de brinquedo, uma flauta de PVC mais um roteiro que o participante utilizou para compreender como a flauta foi construída. Em seguida, cumprindo todas as regras de distanciamento social foram feitas as higienizações dos materiais, e entregue até as residências dos mesmo.

Figura 06 - Acadêmico confeccionando as flautas.



Fonte: Autores, 2021.

Figura 07 - *Kits* didáticos concluídos.

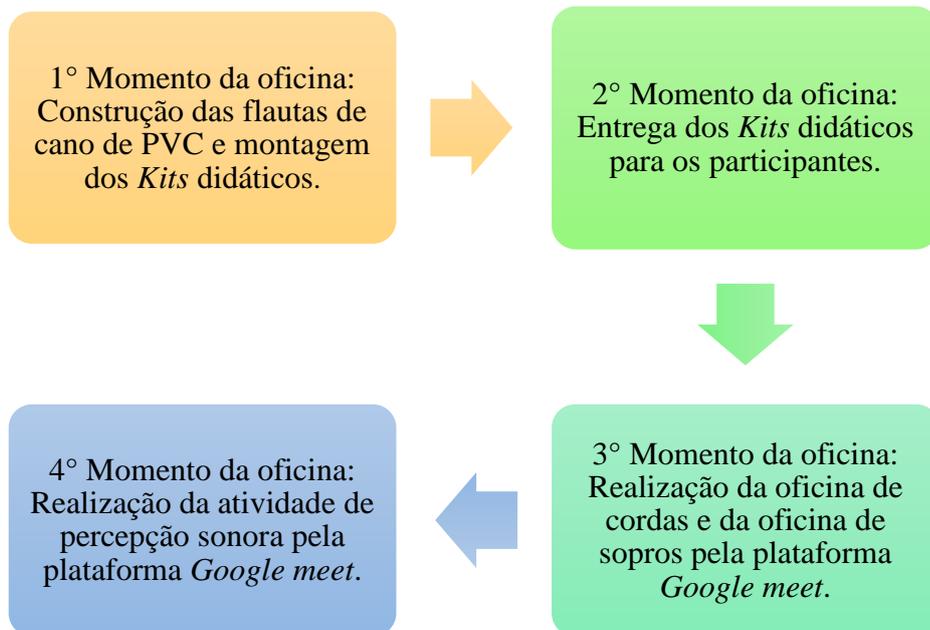


Fonte: Autores, 2021.

Para a construção das flautas de PVC, foi utilizado um afinador digital “*Soundcorset*” (apêndice B) que facilitou a afinação das flautas. Nesse contexto, a flauta de PVC possui sete furos, cada um representando uma nota da escala modelo em ordem (Dó, ré, mí, fá, sol, lá, sí) que possui somente notas naturais, sendo considerada a escala mais simples que existem (COSTA E SOLTAU, 2016).

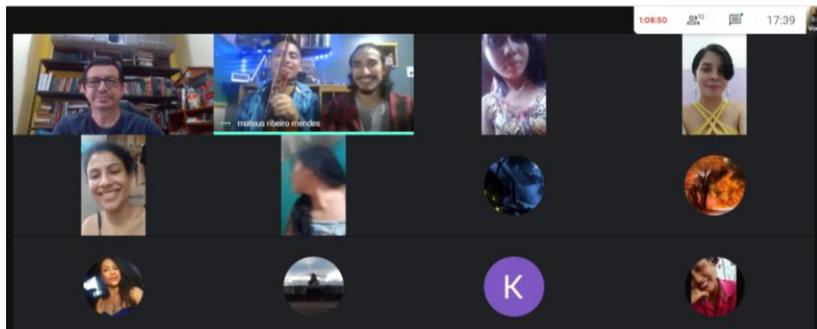
Com finalidade de ser o mais objetivo possível, a oficina se dividiu em momentos (Figura 08), conciliando assim o tempo com a execução da pesquisa. Visto que a confecção dos *kits* não seria possível realizar durante a videoconferência. As oficinas foram realizadas no dia 22 de fevereiro de 2021 de forma conjunta pela plataforma do *Google meet* (figura 09) com duração de 80 minutos, sendo divididas em oficinas de instrumentos de sopro e oficina de instrumentos de cordas.

Figura 08 - Descrição dos momentos da oficina didática.



Fonte: Autores 2021.

Figura 09 - Realização da oficina didática.



Fonte: Autores 2021.

5.4.3 Descrição da Oficina de Instrumentos de Cordas

Na oficina de cordas foram utilizados um violão e um violino de uso profissional. Durante a oficina foi apresentado de forma breve, o conceito de onda estacionária e características de onda, explicando através do violão e do violino as diferenças entre Altura, intensidade e timbre. Com o intuito de facilitar o entendimento dos parâmetros sonoros, foi utilizado um aplicativo para afinação “*Soundcorset*” (anexo B) o que ajudou os participantes a entenderem que altura de uma nota se refere a sua frequência. Foi explicado que a parte superior da parte do corpo do violão, é responsável pelos sons agudos enquanto a caixa de ressonância é responsável pelos sons graves.

Explicou-se na oficina, que a produção da onda sonora no violão (figura 10) ocorre através da vibração das seis cordas sendo transmitida a caixa de ressonância que é responsável por propagar o som. Para o violino (figura 11) a situação é semelhante, a caixa de ressonância do violino só transmite as vibrações das cordas graças a uma parte do violino chamada “alma”, que é responsável pela distribuição do som a caixa de ressonância. Ao final da oficina, foi realizada uma atividade de percepção sonora (apêndice C) onde trabalhou-se através do timbre do violino a análise de altura, intensidade e timbre. Em seguida foi apresentado a função das partes do violino e do violão (apêndice C), a exemplo, as tarraxas são estruturas que possuem a função de fixar e afinar as cordas em ambos, o cavalete do violino serve de apoio para as cordas.

Figura 10 - Violão usado na oficina didática.



Fonte: Autores, 2021.

Figura 11 - Violino usado na oficina didática.



Fonte: Autores, 2021.

5.4.4 Descrição da oficina de Instrumentos de Sopros

Durante a oficina de sopros foi utilizada a flauta soprano e a flauta de PVC, que faz parte dos *Kits*, entregue aos participantes. Considerando as dificuldades advindas aos materiais que utilizamos para construir a flauta, foi entregue aos participantes as flautas já confeccionadas. No decorrer do encontro foi demonstrado detalhadamente sobre como construir as flautas de PVC tendo como base um roteiro (anexo B) com as medidas das distâncias e dos diâmetros de cada furo. Para a afinação deste instrumento, foi utilizado um aplicativo de afinação (anexo B), cuja a frequência se baseia na nota Dó central do piano (tabela 02) que é a base da escala modelo, desta maneira transcorreu apresentado aos participantes que as notas tocadas eram as mesmas, porém as flautas possuem alturas diferentes.

Tabela 03 - Escala modelo baseado na nota dó central do Piano.

Notas	Dó central	Ré	Mi	Fá	Sol	Lá	Si	Dó
Frequências em Hertz	261	293	329	349	392	440	493	523

Fonte: Adaptado de Coelho e Machado (2015, p. 216).

Durante a oficina de instrumentos de sopros foi explicado que a produção do som na flauta soprano (figura 12) e na flauta de PVC (figura 13) ocorre por meio da vibração da coluna de ar no interior da flauta estimulada por um apito, que direciona o ar para dentro do instrumento.

Figura 12 - Flauta soprano usado na oficina.



Fonte: Autores, 2021.

Figura 13 - Flauta de PVC usado na oficina.



Fonte: Autores, 2021.

Assim, conforme altera-se a digitação na flauta se produz uma frequência diferente. Para demonstrar que o timbre das duas flautas são próximos, executou-se a música folclórica “cai,

cai balão” na flauta de PVC, sendo explicado em seguida que a onda sonora precisa de um meio para sua propagação, por mais que as flautas sejam diferentes a propagação do som é a mesma em ambas.

Destaca-se que a flauta soprano faz parte da família das flautas doces (anexo B) que o seu nome faz referência a sua altura em relação às demais, ou seja a frequência que ela consegue emitir e sua diferença. A respeito dessa diferença a entrega dos *kits* proporcionou verificar que enquanto uma flauta doce custa em média R\$ 32,00 a R\$ 50,00 a flauta de PVC sai em torno de R\$ 2,50 promovendo assim a importância dos materiais de baixo custo no ensino.

O valor foi encontrado dividindo o preço da metade de uma “vara” de cano de PVC e comparando com a quantidade de flautas produzidas. Encontrou-se que a flauta soprano executa todas as escalas (maiores e menores) enquanto a flauta de PVC, por ter um número de furos menor em relação a outra flauta só executa músicas na escala de Dó maior, que é a escala modelo e a mais simples para a música.

5.4.5 Aplicação do questionário final - etapa-3

Após a realização da videoconferência, os participantes foram direcionados a responder o segundo questionário da pesquisa (apêndice D) encaminhado ao endereço eletrônico dos participantes no dia 22 de Fevereiro de 2021. Para obtenção dos dados a respeito da validação da metodologia, no qual todas foram todas respondidas no dia 09 de Março de 2021 para análise. Em seguida foram feitas discussões junto ao professor orientador sobre os impactos de utilizar a metodologia adotada.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse tópico apresenta-se as análises dos Questionários inicial e final, cada um composto por cinco perguntas abertas.

6.1 Análise do Questionário Inicial

A aplicação da pesquisa foi desenvolvida com 10 participantes das instituições de ensino (Instituto federal do Amapá, escola Maria do Carmo Viana, escola estadual professora Esther da Silva Virgílio, escola estadual Joaquim Nabuco e Universidade federal do Amapá, Instituto de Ensino Superior do Amapá e Faculdade de Ensino Superior da Amazônia), mesmo alguns participantes já estarem cursando o nível superior, durante a aplicação da pesquisa foi recomendado que os mesmos respondessem aos questionários com sinceridade.

No que se refere a aplicação do questionário inicial (apêndice A), o objetivo consistiu em verificar os conceitos prévios de forma individualizada. Deste modo, analisou-se as respostas obtidas e observou-se que alguns participantes tiveram dificuldades em conseguir respondê-los.

Vale ressaltar que por mais que 4 participantes já ingressaram no ensino superior, porém em áreas que divergem da física, e mesmo por terem estudado Física no ensino médio, não responderam aos questionamentos de forma cientificamente aceita, assim, essa divergência foi um dos fatores responsáveis pelas respostas diferenciadas. A exemplo disso pode-se observar na (tabela 04) referente à segunda pergunta do primeiro questionário. Analisou-se as respostas dos dez participantes e sete tiveram dificuldades em relacionar os conceitos sobre ondas sonoras com os instrumentos musicais.

Tabela 04 - Respostas dos participantes a terceira pergunta do questionário inicial.

Você sabe como é produzido o "som" através de instrumentos musicais, como por exemplo, a flauta, violão e o violino?

Participantes	Respostas
1°	Não
2°	Não sei.
3°	Não.
4°	Ondas sonoras.
5°	Sim, o som é produzido através das cordas.
6°	É produzido através das cordas
7°	Não me recordo.
8°	Não.
9°	Não.
10°	Não sei.

Fonte: Autores, 2021

Observa-se que as respostas são bastantes divergentes, sete dos participantes não conseguiram descrever como o som se produz nos instrumentos acima citado, e três participantes conseguiram apresentar uma resposta convincente. Os instrumentos apresentados nesta pergunta são da família de instrumentos de sopros e outro da família de cordas. A estratégia de passar a pergunta foi estimular os participantes a associar a flauta com os conteúdo de tubos sonoros e o violão e o violino ao conteúdo de cordas vibrantes. Desta maneira o som se produz na flauta através da vibração da coluna de ar dentro do tubo sonoro, e para o violão e o violino o som é produzido pelas vibrações das cordas do instrumento musical (COSTA E SOLTAU, 2016).

Com as análises das respostas dos participantes (tabela 04) pode-se verificar que somente dos dez participantes souberam descrever de forma breve sobre os conceitos relacionados às ondas sonoras. É interessante frisar, que durante o diálogo pelo *whatsapp* os participantes se sentiram à vontade em descrever suas experiências com relação ao ensino de física nas suas respectivas escolas. Oito dos participantes descreveram que as aulas eram expositivas, sem atividades experimentais e dando ênfase somente nas resoluções de exercícios ao invés de abordar a interdisciplinaridade e a interpretação dos resultados.

Tabela 05 - Respostas dos participantes a quarta pergunta do questionário inicial.

Comente sobre o que você lembra do estudo de ondas sonoras (acústica), se lembra das definições como: altura, timbre, intensidade.	
Participantes	Respostas
1°	Não
2°	Não me lembro, cheguei a estudar um pouco, só que no momento não me recordo.
3°	Não.
4°	Ondas sonoras são frequências de vibrações... A intensidade pode ser de som forte ou fraco, depende da frequência ou potência da fonte. Timbre seria as oscilações
5°	Não, infelizmente não me recordo de nada no momento.
6°	A altura é determinada pela frequência do som, e o timbre pelas oscilações sonoras.
7°	Altura se relaciona com a frequência do som (alta ou baixa).
8°	Nada.
9°	Não lembro
10°	Intensidade é força e energia transportada Timbre é formato das oscilações sonoras Altura é a frequência do som.

Fonte: Autores, 2021.

Nota-se que as respostas da (tabela 05) são bastantes divergentes, seis dos participantes não recordam sobre o conteúdo de parâmetros sonoros. Sendo que quatro participantes

responderam de maneira correta, o que possibilitou a importância dos vídeos que seriam enviados aos participantes que funcionaram como observadores prévios. Nesses vídeos continham com explicações sobre os conceitos de altura, intensidade e timbre frequência, amplitude, velocidade, período e comprimento de onda, contribuindo assim para os conhecimentos prévios que os participantes continham o que possibilitou uma maior interatividade durante as oficinas, onde os participantes se sentiram mais à vontade em discutir sobre o conteúdo apresentado.

6.2 Análise do Questionário final

Diante da problemática de utilizar os instrumentos musicais para ensinar como ferramenta de apoio para explicar os fenômenos relacionados à produção e propagação do som aos participantes. O questionário final teve a finalidade de avaliar como foi o uso das oficinas como ferramenta de apoio, onde foi verificado se essa ferramenta foi significativa para os participantes.

Vale ressaltar que as respostas dos participantes (tabela 06) todos demonstram uma segurança maior ao explicar sobre como é gerado o som nesses instrumentos musicais, seja pela vibração da coluna de ar ou pelas vibrações das cordas. O uso das oficinas obteve resultado positivo as respostas são coerentes com o que foi pautado durante a realização das oficinas demonstrando que os mesmos aprenderam a diferenciar o conceito de altura, frequência e timbre que está envolvido na produção e propagação sonora.

Tabela 06 - Resposta dos participantes a segunda questão do questionário final.

Após a oficina você saberia dizer como o "som" é gerado através de instrumentos musicais, como por exemplo o violão e a flauta?

Participante	Respostas
1°	Sim. O violão tem seu som emitido a partir da vibração das cordas.
2°	No violão o som é gerado através da vibração das cordas na caixa de ressonância e na flauta o som é gerado através da vibração da coluna de ar.
3°	Sim. No violão o som é gerado através das vibrações das cordas assim como no violino.
4°	O violão é pela vibração de suas cordas, e a flauta são pelos seus sons que são gerados através do deslocamento do ar do instrumento ou pelo ar em volta dele.
5°	No violão é através das vibrações das cordas e da flauta é por meio das vibrações do ar dentro do tubo.
6°	É produzido através das cordas
7°	O som chega até nossos ouvidos a partir de ondas sonoras. É produzido por vibrações. Quando tocamos um violão, por exemplo, há uma vibração nas cordas. As vibrações produzidas se deslocam formando ondas sonoras que se torna o som captado por nós.

8°	O som do violão é gerado através das vibrações de suas cordas, e o som da flauta é desenvolvido através do deslocamento de ar pelo instrumento ou ao seu redor.
9°	Sim. Na oficina foi exposto que o som tem três características principais: altura, intensidade e timbre. Também vimos como os sons de alguns instrumentos são produzidos, como o do violão que é produzido pela vibração das cordas e o da flauta é produzido através da vibração de ar.
10°	O som é produzido a partir de cordas, que quando acionadas provocam compressões e refrações no ar, chamadas ondas sonoras.

Fonte: Autores 2021.

Referente à terceira pergunta do questionário final a (tabela 07) apresenta as respostas dos participantes. Nota-se que houve uma unanimidade ao conseguirem responder a mesma. Ao apresentar na oficina os instrumentos musicais explicando que a onda sonora tem comportamentos diferentes conforme o meio que ela se propaga, neste caso se refere aos instrumentos de cordas e aos instrumentos de sopros. No que se refere às respostas da terceira questão, o uso da metodologia utilizando os vídeos enviados ao grupo de *whatsapp* que contribuíram para o entendimento dos conceitos básicos relacionados a uma onda, semelhante ao que foi apresentado durante as oficinas os participantes conseguiram entender o propósito central da pesquisa, as respostas da (tabela 07) apresenta esse entendimento.

Tabela 07 - Resposta dos participantes a terceira questão do questionário final.

Uma nota “Dó” tocada em uma flauta e em um violão, não são exatamente iguais. De acordo com a oficina, qual propriedade do som está ligada a este fenômeno?

Participante	Respostas
1°	O timbre
2°	Timbre.
3°	O timbre é o mesmo.
4°	Timbre, por mais que seja a mesma nota musical, são tocadas em instrumentos diferentes.
5°	Timbre.
6°	Timbre
7°	O timbre, pois essa propriedade é responsável pela identidade sonora e nos ajuda a identificar a fonte do som, seja um violão ou uma flauta.
8°	Timbre
9°	Timbre
10°	O timbre, apesar da mesma nota, é tocada em instrumentos distintos.

Fonte: Autores 2021.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a falta de atividades experimentais e o ensino repetitivo com testagem e memorização em sala de aula no ensino de Física, a entrega dos *kits* didáticos para os participantes, foi a melhor forma para motivar o ensino de Física neste período de pandemia, visto que com essa entrega possibilitou que a realização da videoconferência não se limitasse apenas a mais uma palestra expositiva. Um dos maiores desafios para os professores de Física na atualidade é oferecer um ensino que não se baseie somente na testagem e memorização (MOREIRA, 2018). A pesquisa se preocupou em apresentar os conteúdos de ondas sonoras de maneira diferenciada, mesmo em virtude de sua realização virtual, a oficina conseguiu proporcionar aos participantes uma conexão entre física e música. Tais conexões podem ser vistas desde a confecção e entrega dos *kits* didáticos aos participantes, quanto na explicação da produção e propagação sonora nos instrumentos musicais durante a realização da oficina.

Ao assumir a premissa da interdisciplinaridade entre a física e a música, a pesquisa conseguiu apresentar um ambiente diversificado, mesmo sendo aplicada durante a pandemia gerada pela Covid-19. As respostas do questionário inicial diferem bastante em relação ao questionário final, sendo esse último o mais aproveitado pelos participantes. Isso se deve ao fato que durante todo o desenvolvimento da pesquisa manteve-se o diálogo com os participantes, tirando dúvidas mesmo sendo pelo *whatsapp*. Essa estratégia proporcionou uma segurança maior na contribuição dos participantes durante a oficina e nas respostas ao questionário final.

A partir das experiências adquiridas ao longo do curso, advindas da participação em, simpósios, palestras e mesas redondas. Além das participações em programas como o Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID), e Programa de Iniciação Científica (PIBIC). Ao verificar os resultados e discussões gerados pela aplicação da metodologia adotada, é possível dizer que a hipótese foi comprovada. Portanto, o uso dos instrumentos musicais favoreceu um aprendizado lúdico aos participantes, no que se refere à produção e propagação do som desses instrumentos.

Durante o processo de análise da pesquisa, foi possível por meio das respostas dos questionários inicial e final identificar que o uso da metodologia surtiu efeito. Pode-se concluir que, ao utilizar os instrumentos musicais de maneira lúdica, confeccionando as flautas e entregando os *kits* explicando o conteúdo de ondulatória por meio do violão, violino e das flautas, o que contribuiu-se de forma significativa para os participantes onde através das oficinas e diálogo constante no grupo de *whatsapp* os participantes julgaram ter aprendido o

conteúdo de ondas sonoras. O que possibilitou o entendimento da produção e propagação do som para os instrumentos de sopro e instrumentos de cordas, comprovando o objetivo geral da pesquisa.

Da mesma forma, os resultados comprovam a viabilidade em utilizar interdisciplinaridade entre física e música em fazer o uso desses instrumentos musicais facilitando a visualização dos fenômenos sonoros conforme primeiro objetivo específico.

Observou-se que utilizando uma metodologia diferenciada das tradicionais o projeto conseguiu levar um ensino lúdico e dinâmico para os participantes, através de uma abordagem que colocou em pauta os conteúdos de ondas sonoras comprovando o segundo objetivo específico, relacionando a produção e propagação nos instrumentos musicais tendo como foco uma abordagem qualitativa dos conteúdos comprovando o segundo e o terceiro objetivo específico da pesquisa.

Por fim, o objetivo proposto nesta pesquisa foi atingido com êxito, uma vez que a o uso da metodologia foi diagnosticada como satisfatória pela maioria dos participantes contribuindo de forma significativa para a construção do conhecimento dos participantes, na qual a mesma despertou curiosidades sobre o tema além de apresentar a Física de outra forma, colocando em pauta os aspectos da interdisciplinaridade no ensino de Física, e despertando novos talentos para a música.

REFERÊNCIAS

- ADOLFO, A. **Música: Leitura, conceitos e exercícios**. 3 ed. Rio de Janeiro: Lumiar Editora, 2012.
- BALLESTÉ, A. O. Classificação de instrumentos musicais e sua aplicação no Museu Virtual Delgado de Carvalho. Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação – XII ENANCIB. Rio de Janeiro, 2012. p.01 -18.
- CAVALCANTE, M. A.; PEÇANHA, R.; TEIXEIRA, A. de C. Ondas estacionárias em cordas e determinação da densidade linear de um fio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.35, n.2, p.1-8; Setembro 2013.
- CARDOZO, Laio Cavalcanti Cardozo. **O ensino de física através dos instrumentos musicais**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Física). Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2016.
- CARNEIRO, I. **Música e Física: interdisciplinaridade em sala de aula**. IV Jornada Ibero-Americana de Pesquisas em Políticas Educacionais e Experiências Interdisciplinares na Educação. 2019, Salvador. Anais. Salvador (BA), 2019. 14 p, v. 4 nº. 1.
- COELHO, S. M.; MACHADO, G. R. Acústica e música: uma abordagem metodológica para explorar sons emitidos por tubos sonoros. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 1, p. 207-222, abr. 2015.
- COSTA, K. D. M; SOLTAU, S. B. A Física da flauta doce: um estudo das notas nas posições comuns e alternativas. **Caderno de Física da UEFS** 14 (01): 1401.1-13, 2016.
- COSTA, L. G.; BARROS, M. A. O ensino da física no Brasil: problemas e desafios. **EDUCERE**, v.01, n.7, p.10891-10989. 2015.
- DANTAS, J. C. D.; CRUZ, S. da S. Um olhar físico sobre a teoria musical. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 41, nº 1, e20180099. 2019.
- DONOSO, J. P. **História da acústica**. Universidade de São Paulo–IFSC. 2012. 17p.
- FILHO, J. C. P. **Classificação de instrumentos musicais em configurações monofônicas e polifônicas**. Dissertação (Mestrado pós-graduação em engenharia elétrica) COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro, 2009.
- FERNANDES (2018). Interdisciplinaridade no ensino e aprendizagem: novas perspectivas e desafios na atualidade. **Id on Line Revista Multidisciplinar Psicologia**, v. 12, n. 40. 2018 - ISSN 1981-1179
- FREGONEZI, G. B. et al. **Metodologia científica**. 1 ed. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional, 184 p. 2014.
- GASPAR, A. **Compreendendo a Física**. 1 ed. São Paulo: Editora Ática, 2013.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GRILLO, M.; PEREZ, L. R. **Física e música**. 1 ed. São Paulo. 141p. 2016.
- HALLIDAY, David; RESNICK, Robert. Tradução: BIASI, Ronaldo Sérgio de. **Fundamentos de Física 2: Gravitação, ondas e termodinâmica**. 10ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

IMAGEM da Frente do instituto federal do Amapá- IFAP campus Macapá. Disponível em: <https://g1.globo.com/ap/amapa/noticia/2019/02/14/ifap-convoca-cerca-de-400-candidatos-da-lista-de-espera-do-sisu-2019.ghtml> acesso em 03 de Dezembro de 2020.

JÚNIOR, Francisco Nairon Monteiro. CARVALHO, Washington Luiz Pacheco de. O ensino de acústica nos livros didáticos de física recomendados pelo Pnlem: análise das ligações entre a física e o mundo do som e da música. **HOLOS**, Ano 27, Vol. 1, n.1, 2011.

JUBILUT, Paulo. **Biologia total**. São Paulo, 05 de julho de 2019. Disponível em: <https://blog.biologiatotal.com.br/musica-ondas-mecanicas/>. Acessado em 19 de Abril de 2021.

KRUMMENAUER, W. L. et al. O uso de instrumentos musicais para o ensino de acústica **Física na Escola**, v. 10, n. 2, 2009.

LIMA, D. de O.; DAMASIO, F. O violão no ensino de acústica: uma proposta com enfoque histórico-epistemológico em uma unidade de ensino potencialmente significativa. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 3, p. 818-840, dez. 2019.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa: um conceito subjacente. **Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review**, v. 1, n. 3, p. 25-46, 2011.

MOURA, D. de A.; NETO, P. B. Ensino de acústica no ensino médio por meio de instrumentos musicais de baixo custo. **Física na Escola**, v. 12, n. 1, 2011.

MOREIRA, M. A. **O que é afinal Aprendizagem significativa?** Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010. Aceito para publicação, *Curriculum, La Laguna, Espanha*, 2012.

MOREIRA, M. A. **Uma análise crítica do ensino de Física**. *Estudos avançados*, v.32, p.94. 2018.

MOURÃO, M. F.; SILVA, J. B. da. SALES, G. L. Potencialidades do uso de oficinas no ensino de Física: análise de uma estratégia para aulas iniciando por práticas experimentais. **Experiências em Ensino de Ciências**. v.15, n.1 2020.

MOZENA, Erika Regina. OSTERMANN, Fernanda. Uma revisão bibliográfica sobre a interdisciplinaridade no ensino das ciências da natureza. **Revista Ensaio**. v.16 n. 02 p. 185-206 maio-agosto. 2014.

OLIVEIRA et al. A utilização de oficinas e palestras para abordagem de conceitos sobre óptica. **I congresso de ensino, pesquisa e extensão da UEG**. 2014, Pirenópolis.

OLHAR DIGITAL. **Whats App História, dicas tudo que você precisa saber sobre o app**. Disponível em: < <https://olhardigital.com.br/2018/12/20/noticias/whatsapp-historia-dicas-e-tudo-que-voce-precisa-saber-sobre-o-app/>>. Acesso em 13.05.2021.

PEREZ, Olívia Cristina. O que é Interdisciplinaridade? Definições mais comuns em Artigos Científicos Brasileiros. **Interseções**. v. 20 n. 2, p. 454-472, dez. 2018.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

SABINA, **Escola parque do conhecimento**. Santo André, 2017. Disponível em:< <https://www2.santoandre.sp.gov.br/hotsites/sabina/index.php/asabina/experimentos/123-pagina-experimento-som-vibracao>> acessado em 19/04/2021.

QI QINetwork. **Google meet** entenda como funciona e a importância para as equipes digitais. Disponível em: < <https://www.qinetwork.com.br/google-meet-entenda-como-funciona/>>. Acesso em: 13.04.2021.

SILVA, Jonas Cegelka da. ROTTA, Renata. GARCIA, Isabel Krey. Avaliação da aprendizagem em uma prova interdisciplinar sobre física térmica. **Areté**, v.13 n.27, p. 1-15, janeiro/julho, 2020.

SCHUSTER, P. M. Revolucionário e ainda assim desconhecido. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 465-470, 2007.

UNKNOWN, **Física 101**. São Paulo, 5 de maio de 2016. Disponível em: <http://osgori101.blogspot.com/2016/05/acustica.html> acessado em 19 de Abril de 2021.

VENÇÃO, J. de S.; NASCIMENTO, L. A. do; SILVA, B. V. da C. A Física no contexto lúdico: uma mudança de linguagem. **Revista Clóvis Moura de Humanidades**. v.3, nº1, 2017.

YABIKU, Kátia Regina. BERNARDO, Eric Pizzini. Uma abordagem interdisciplinar no ensino da física por meio da matemática em dos recursos tecnológicos. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p.85098-85108, nov. 2020.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO INICIAL

Descrição: O questionário possui caráter aberto e individual com 5 perguntas direcionadas aos alunos sobre os assuntos de Física e de música, será aplicado na primeira etapa do projeto visando obter um diagnóstico da turma sobre os assuntos abordados. Será necessário duas aulas para aplicação do questionário, a aplicação consistirá em dois pontos principais: primeiro, apresentar aos alunos o questionário, evidenciando como respondê-lo, e tirando as dúvidas quanto a espontaneidade da pesquisa, e segundo será utilizado o resto da aula para que os alunos possam responder ao questionário.

Nome:

Série:

Número:

1. Você sabe o que é um instrumento musical? Se sim, cite exemplos e caso você toque algum instrumento musical cite qual ou quais gostaria de aprender.
2. Você sabe como é produzido o "som" através de instrumentos musicais, como por exemplo, a flauta, violão e o violino?
3. Você consegue observar alguma conexão entre a música e a disciplina Física? justifique sua resposta.
4. Comente sobre o que você lembra do estudo de ondas sonoras (acústica), se lembra das definições como: altura, timbre, intensidade
5. Você acharia interessante que para uma aula mais diversificada e interativa seu professor fizesse uso de instrumentos musicais, em sala de aula, para facilitar o entendimento, dos alunos, em relação aos fenômenos físicos estudados no assunto de acústica (ondas sonoras)?

APÊNDICE B – OFICINA DE INSTRUMENTOS DE SOPROS

Lista de materiais para a realização da oficina de sopro

- Flauta soprano.
- 1 Cano de PVC (20 mm de diâmetro)
- Uma cortiça
- 1 Tesoura com ponta
- Um papel lixa para cano
- Furadeira
- Roteiro para a construção da flauta
- Afinador eletrônico, instalado no celular (Soundcorset).

Objetivos da oficina de sopros

- Ensinar como funcionam os tubos sonoros abertos e fechados.
- Explicar as características próprias do instrumento.
- Promover um ambiente inovador no ensino de Física e música;
- Ensinar como se comporta a produção e propagação do som desses instrumentos.

Descrição: Na oficina os participantes receberam os kits didáticos confeccionados o que possibilitou um incentivo maior para a contribuição da pesquisa com o auxílio do roteiro contendo as informações das medidas do comprimento oficial do tubo, a espessura do diâmetro de cada furo, a distância entre um furo, como posicionar a cortiça, o roteiro está disponível em: <https://idoc.pub/download/como-fazer-flauta-cano-pvc-caseira-6nngerz7gzjlv>.

Para mensurar com mais precisão a afinação de cada nota será feito o uso de um aplicativo, “*Soundcorset*”, onde foi explicado a sua contribuição para a afinação dos instrumentos musicais. Foi utilizado além da flauta de PVC confeccionada e entregue aos participantes utilizou-se uma flauta soprano, explicando as diferenças e semelhanças de suas famílias.

Durante a execução da oficina foi explicado como ocorre o funcionamento das flautas se tratando dos aspectos físicos (tubos sonoros abertos ou fechados), ao término da oficina será feita uma comparação de timbre que é uma das propriedades do som, com as duas flautas, soprano e a construída com cano de PVC para verificar a eficiência da construção e dos conceitos físicos em cada uma das flautas.

APÊNDICE C – OFICINA DE INSTRUMENTOS DE CORDAS

Descrição: Foi apresentado aos alunos, a função específica de cada parte do violão e do violino como estas obedecem a sequência das sete notas musicais (dó, ré, mi, fá, sol, lá, si) cada nota corresponde a uma frequência diferente. Nesta etapa do projeto, foi realizado o uso do aplicativo “*Soundcorset*” para facilitar a realização da atividade. As etapas a serem desenvolvidas os participantes precisarão ter em mente a sequência das notas musicais de forma correta, como cada nota musical corresponde a uma frequência distinta. Foi apresentado através dos instrumentos as propriedades fisiológicas do som (altura, intensidade e timbre) ensinando a diferenciá-las.

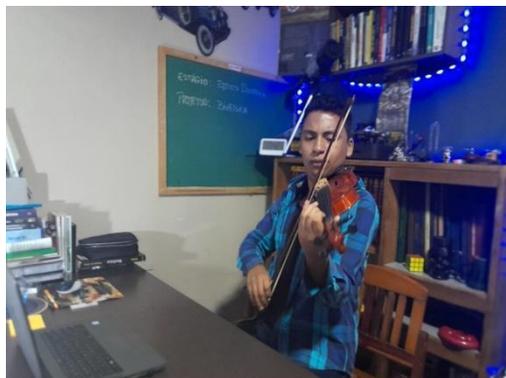
Materiais a serem usados para a realização da oficina de violão e violino.

- 1 violão
- 1 violino e um arco
- Afinador eletrônico, instalado no celular (*Soundcorset*).

Objetivos da oficina de violão e violino.

- Descrever e diferenciar as propriedades fisiológicas do som
- Apreender os fenômenos de reflexão, difração, interferência e ressonância
- Ensinar como funciona a Física do violino e do violão
- Ensinar quais são as partes do violino e do violão
- Ensinar como se comporta a produção e propagação do som desses instrumentos
- Reforçar os conceitos relacionados às características de ondas.

Figura 14 - Acadêmico realizando a atividade de percepção sonora.



Fonte: Autores, 2021.

APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO FINAL

Descrição: O questionário possui caráter aberto e individual com 5 perguntas direcionadas aos alunos sobre os assuntos trabalhados no decorrer da execução do projeto, foram necessárias duas aulas para a aplicação do teste, ocorrerá em duas maneiras: primeiro será explicado o objetivo educativo do questionário e segundo será disponibilizado o resto do tempo para que os alunos respondam ao questionário, concluindo assim a última etapa do projeto de pesquisa.

Nome:

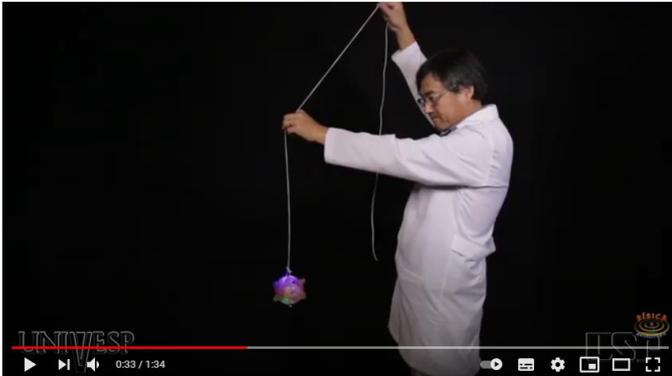
Série:

Número:

1. Na realização da oficina utilizou-se quatro instrumentos musicais (Violão, Violino, Flauta doce e Flauta de cano PVC), sendo dois da classe dos instrumentos de cordas e dois da classe de sopro. Você conseguiu perceber a relação entre a Física e a música no uso desses instrumentos? Cite, pelo menos, um exemplo da aplicação da Física em um dos instrumentos musicais abordados na oficina.
2. Após a oficina você saberia dizer como o "som" é gerado através de instrumentos musicais, como por exemplo o violão e a flauta?
3. Uma nota "Dó" tocada em uma flauta e em um violão, não são exatamente iguais. De acordo com a oficina, qual propriedade do som está ligada a este fenômeno?
4. Após a oficina, você conseguiria citar as principais qualidades do som e em que elas implicam na característica do som?
5. Na sua opinião, o uso de instrumentos musicais como recurso didático para uma abordagem lúdica dos fenômenos físicos envolvidos na produção e propagação do som, pode melhorar a sua compreensão, em relação aos conceitos físicos envolvidos nesses processos? Justifique.

ANEXO A – VÍDEOS DE APOIO PARA A PESQUISA

Figura 15 - Primeiro vídeo disponibilizado aos participantes.



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=YC6KzLuBOZY>

Figura 16 - Segundo vídeo disponibilizado aos participantes.



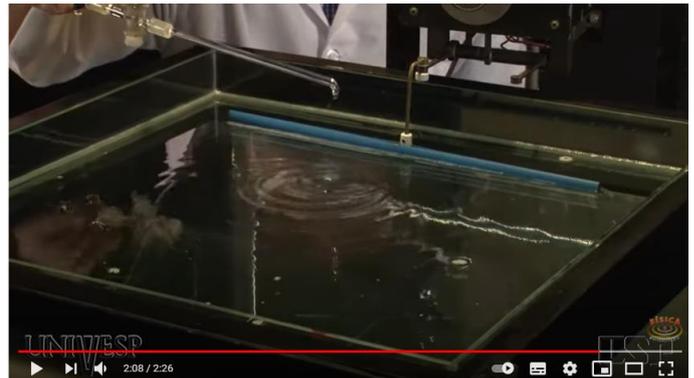
Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=bmh7NseTF_w&t=187s

Figura 17- terceiro vídeo disponibilizado aos participantes.



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

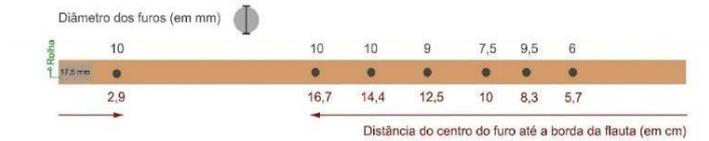
Figura 18 - quarto vídeo disponibilizado aos participantes.



Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=zYdho_gcCRE

ANEXO B – MATERIAIS DE APOIO PARA A PESQUISA

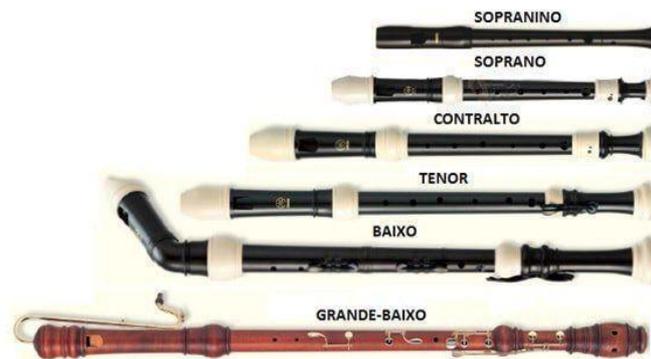
Figura 19 - Roteiro para construção de uma flauta feita de cano de PVC.



Diâmetro do cano de PVC: 20 mm ou 1/2 polegada.
 Comprimento total da flauta: 33 cm.
 Ao aumentar o furo, o som fica mais agudo.

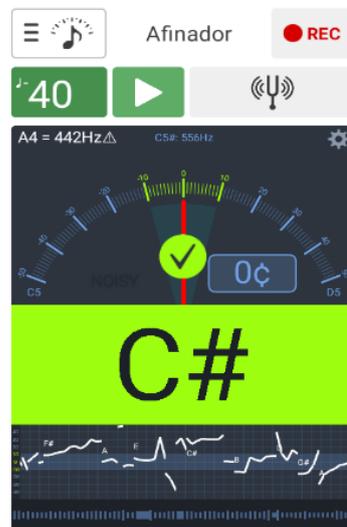
Fonte: <<https://idoc.pub/download/como-fazer-flauta-cano-pvc-caseira-6ngerz7gzjlv>>.

Figura 20 - Família das Flautas doces



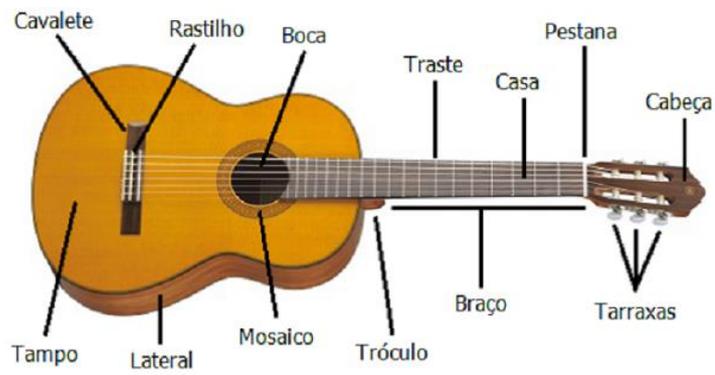
Fonte: <<https://idoc.pub/download/como-fazer-flauta-cano-pvc-caseira-6ngerz7gzjlv>>.

Figura 21- Afinador utilizado na oficina didática.



Fonte: <https://www.polifono.com/promos/recorder>.

Figura 22 - Partes do violão



Fonte: <https://portalviolaoparatodos.com/como-tocar-violao-passo-a-passo-6-passos-fundamentais/>.

Figura 23 - Partes do violino.



Fonte: <https://www.encorda.com.br/blog/partes-de-um-violino/>.